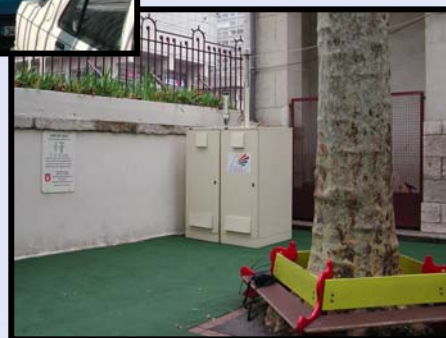




ÉTUDE DE LA QUALITÉ DE L'AIR SUR LE TRACÉ DE LA FUTURE LIGNE FORTE C3 ÉTAT INITIAL

du 08/12/2003 au 20/01/2004 (hiver) et du 10/06/04 au 08/07/04 (été)



COPARLY
Comité pour le contrôle de la Pollution Atmosphérique
dans le Rhône et la région LYonnaise

Rue des Frères Lumière – Parc d'Affaires Roosevelt - 69120 VAULX-EN-VELIN -
Tél. : 04 72 14 54 20 - Fax : 04 72 14 54 21
E_mail : coparly@atmo-rhonealpes.org
Internet : www.atmo-rhonealpes.org

(N° SIRET :318 162 971 000 36 – Code APE : 913 E - Association loi du 1^{er} juillet 1901)



CONTEXTE DE L'ETUDE.....	3
1 LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE	5
1.1 POLLUANTS PROSPECTES	5
1.1.1 Les oxydes d'azote (NOx).....	5
1.1.2 Les particules en suspension (PM ₁₀ , PM _{2,5})	5
1.1.3 Les composés organiques volatils (COV).....	6
1.2 EFFETS DES POLLUANTS SUR LA SANTE ET SUR L'ENVIRONNEMENT	6
1.2.1 Les oxydes d'azote (NOx).....	7
1.2.2 Les particules en suspension (PM ₁₀ , PM _{2,5})	7
1.2.3 Les composés organiques volatils (COV).....	7
1.3 LA REGLEMENTATION	8
1.3.1 La loi sur l'air et la réglementation française.....	8
1.3.2 Les directives européennes	8
1.3.3 Quelques définitions	9
1.3.4 Les valeurs réglementaires par polluant	9
2 METHODOLOGIE ADOPTÉE.....	13
2.1 PRESENTATION GENERALE DU PROJET « LIGNE FORTE C3 »	13
2.2 PERIODES DE MESURE.....	14
2.2.1 En règle générale.....	14
2.2.2 Dans le cadre de l'étude.....	14
2.3 TECHNIQUES DE MESURE	15
2.3.1 Mesure en continu avec des stations fixes	15
2.3.2 Mesure en continu avec des moyens mobiles	15
2.3.3 Mesure de concentrations moyennes avec des tubes passifs.....	15
2.4 CHOIX DES SITES DE MESURE	16
2.4.1 Définition des typologies de site.....	16
2.4.2 Sites équipés de tubes passifs.....	16
2.4.3 Sites fixes et mobiles équipés d'analyseurs	22
2.5 PARAMETRES D'INFLUENCE A PRENDRE EN COMPTE	24
2.5.1 Climatologie et topographie	24
2.5.2 Sources d'émissions	24
2.5.3 Population concernée.....	24
3 RÉSULTATS DES MESURES	26
3.1 EXPRESSION DES RESULTATS	26
3.1.1 Interprétation et représentation des mesures	26
3.1.2 Unités et statistiques employées	26
3.2 CONDITIONS METEOROLOGIQUES	27
3.2.1 Rose des vents.....	27
3.2.2 Températures	28
3.2.3 Précipitations	29
3.2.4 Bilan des conditions météorologiques	30
3.3 NIVEAUX DE POLLUTION MESURES AVEC LES ANALYSEURS	31
3.3.1 Les oxydes d'azote (NO et NO ₂)	31
3.3.2 Les poussières en suspension (PM ₁₀)	45
3.3.3 Les composés organiques volatils : benzène et toluène.....	54
3.4 RESULTATS DE MESURE AVEC LES TUBES PASSIFS	57
3.4.1 Résultats pour le dioxyde d'azote.....	57
3.4.2 Résultats pour le benzène et le toluène	64
CONCLUSION... ..	73
... ET PERSPECTIVES	73

CONTEXTE DE L'ETUDE

Le SYTRAL, Syndicat mixte des Transports en commun pour le Rhône et l'Agglomération Lyonnaise, réalise une étude d'impact pour la mise en place de la future « **Ligne Forte C3** ». Cette liaison rapide et directe par trolleybus entre le nord de la presqu'île et Vaulx-en-Velin, qui passe par le pôle d'échange multimodal « Laurent Bonnevey », doit remplacer les lignes de bus actuelles n° 1 et 51.

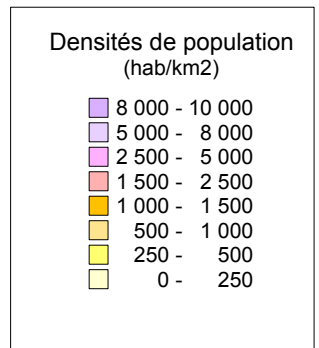
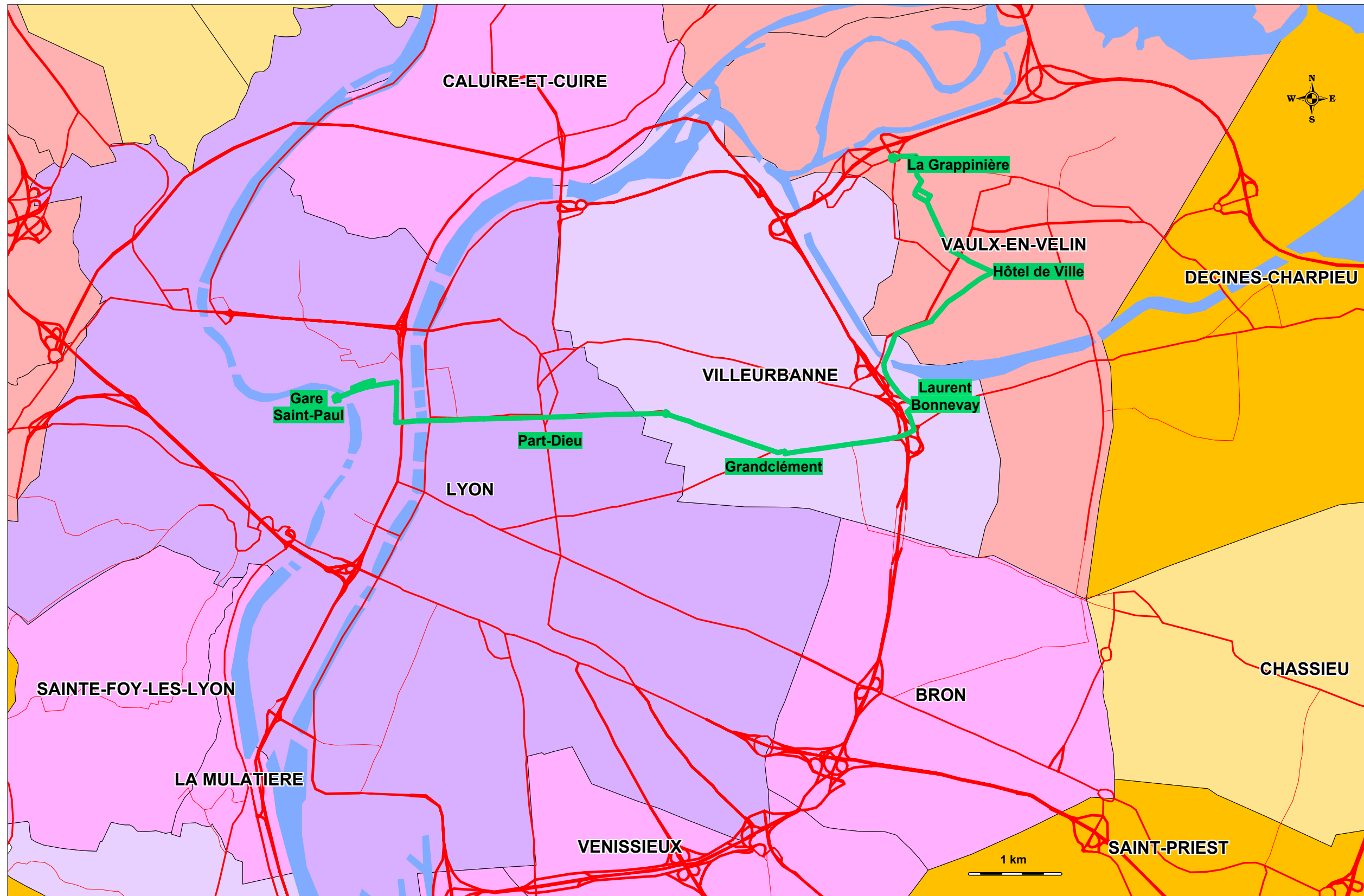
Dans le cadre de ce projet, COPARLY (Comité pour le Contrôle de la Pollution Atmosphérique sur le Rhône et la région Lyonnaise) a été sollicité pour effectuer des mesures le long du futur tracé et établir un **état initial de la qualité de l'air** avant la mise en place de la ligne, prévue en 2006.

Ce rapport présente les résultats des mesures réalisées sur deux périodes : en hiver, **du 8 décembre 2003 au 20 janvier 2004 (6 semaines)** et en été, **du 10 juin au 8 juillet 2004 (4 semaines)**.

La méthodologie appliquée s'apparente à celle utilisée pour des études similaires réalisées sur des lignes de bus ou de tramway par le réseau de surveillance ASCOPARG, homologue de COPARLY sur la région grenobloise. Les concentrations des principaux **polluants primaires** ont été mesurés en continu le long du tracé sur des sites de proximité automobile (trafic) et comparées aux valeurs réglementaires.

ETUDE DE LA QUALITE DE L'AIR SUR LE TRACÉ DE LA LIGNE FORTE C3

Présentation du projet de la Ligne Forte C3



- Tracé de la Ligne Forte C3
- Réseau hydrographique
- Réseau routier

Caractéristiques de la Ligne Forte C3

Type de transport : Trolleybus "Cristalis"
Itinéraire : Gare Saint-Paul (Lyon 5^{ème}) - La Grappinière (Vaulx-en-Velin)
Distance : 11,6 km
Stations d'arrêt : 26

Temps de trajets indicatifs :
Vaulx-en-Velin (La Grappinière) >> L.Bonnevay : 11 min
Vaulx-en-Velin centre >> C.Cial la Part-Dieu : 20 min
Population concernée : environ 90 000 habitants à moins de 300m



Sources :
COPARLY
INSEE - RGP 1999
Geosys Data

Copyright 2003

1 LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

1.1 Polluants prospectés

Les polluants prospectés dans le cadre de cette étude sont des **polluants primaires**, directement émis par des sources de pollution, et plus particulièrement par le trafic automobile :

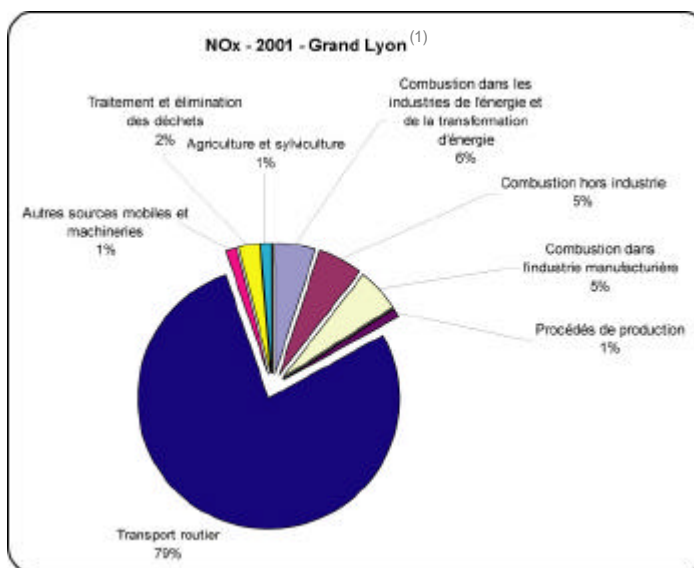
- **Les oxydes d'azote** (NO et NO₂)
- **Les particules en suspension** : poussières de taille inférieure à 10 µm (notées PM₁₀)
- **Le benzène et le toluène** (Composés Organiques Volatils)

1.1.1 Les oxydes d'azote (NOx)

Le terme oxydes d'azote désigne le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂). Ces composés sont formés par oxydation de l'azote atmosphérique (N₂) lors des combustions (essentiellement à haute température) de carburants et combustibles fossiles.

Les oxydes d'azote, avec les composés organiques volatils, interviennent dans le processus de formation de la pollution photo-oxydante et de l'ozone dans la basse atmosphère.

Sur l'agglomération lyonnaise, comme dans beaucoup d'autres grandes villes, les transports représentent plus de 75% des émissions d'oxydes d'azote.



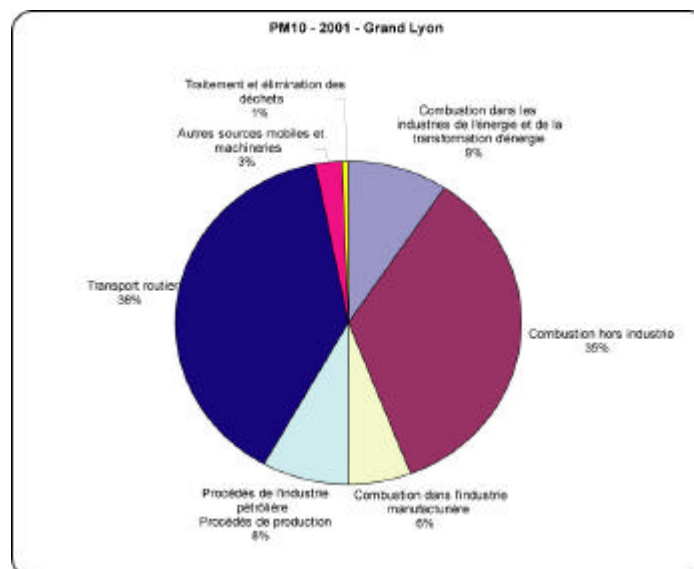
Bien que l'équipement des automobiles par des pots catalytiques favorise une diminution unitaire des émissions d'oxydes d'azote, les concentrations dans l'air ne diminuent guère compte tenu de l'âge du parc automobile et de l'augmentation constante du trafic.

Le monoxyde d'azote, gaz incolore et inodore, est principalement émis par les véhicules à moteur thermique et se transforme rapidement par oxydation en dioxyde d'azote, gaz roux et odorant à forte concentration. La réaction est favorisée par le rayonnement Ultra Violet.

1.1.2 Les particules en suspension (PM₁₀, PM_{2,5})

Les poussières en suspension proviennent de certains procédés industriels (incinérations, carrières, cimenteries), des chauffages domestiques en hiver mais également du trafic automobile (particules diesel, usures de pièces mécaniques et des pneumatiques...).

Les particules les plus fines (diamètre inférieur à 0,5 µm) sont essentiellement émises par les véhicules diesel alors que les plus grosses proviennent plutôt de frottements mécaniques sur les chaussées ou d'effluents industriels.



¹ Source : Le Grand Lyon - 2001

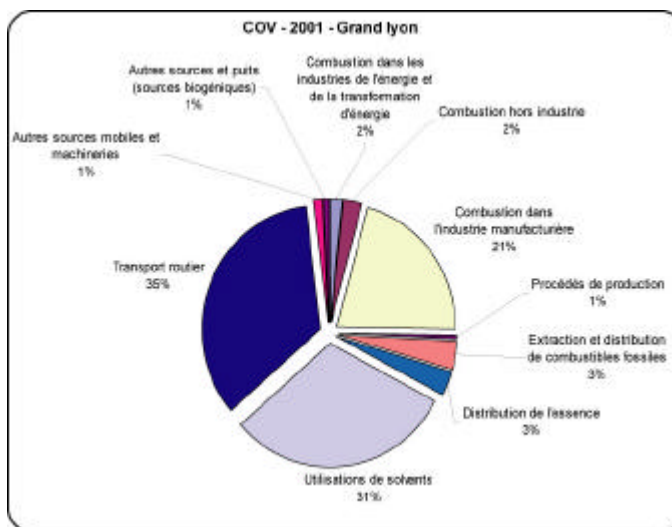
Les particules sont généralement mesurées de deux manières : par la méthode des fumées noires (la plus ancienne) ou par la méthode plus récente des « PM₁₀ » (ou « PM_{2,5} »), filtrant les particules de diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm (ou 2,5 µm).

1.1.3 Les composés organiques volatils (COV)

La famille des composés organiques volatils regroupe toutes les molécules formées d'atomes d'hydrogène et de carbone (hydrocarbures) comme le benzène (C₆H₆) et le toluène (C₇H₈), mais également celles où les atomes d'hydrogène sont remplacés par d'autres atomes comme l'azote, le chlore, le soufre, l'oxygène,... comme par exemple les aldéhydes.

La sous-famille des HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) regroupe les molécules avec des chaînes cycliques de noyaux benzéniques.

A l'échelle de la planète, les sources naturelles de COV représentent environ 90% des rejets non méthaniques avec les émissions de la végétation (isoprènes et terpènes) ou d'autres phénomènes naturels (feux de forêts, éruptions volcaniques,...). Mais, dans les régions industrialisées, ces sources deviennent minoritaires devant la part des émissions anthropiques. En France, elles représentent aujourd'hui seulement 16 % en moyenne des émissions totales.



En ce qui concerne l'activité humaine, ces composés sont émis sous forme de vapeurs issues de phénomènes de combustion à haute température (pots d'échappement, cheminées d'usine, fours,...), ou de simples évaporations (bacs de stockage pétroliers, solvants, insecticides, essences, vernis,...). Sur le Grand Lyon, les transports routiers et l'utilisation de solvants, avec respectivement 35% et 31% des émissions totales, sont les principales sources anthropiques de COV non méthaniques.

1.2 Effets des polluants sur la santé et sur l'environnement

Dans une population donnée, tous les individus ne sont pas égaux face aux effets de la pollution. La sensibilité de chacun peut varier en fonction de l'âge, l'alimentation, les prédispositions génétiques, l'état de santé général.

D'autre part, l'effet des polluants n'est pas toujours complètement connu sur l'homme. Pour certains, il existe une limite d'exposition au-dessous de laquelle il n'y a pas d'effet comme pour le dioxyde de soufre. Pour d'autres, il n'y a pas de seuil car certains effets peuvent apparaître, selon les personnes, dès les faibles niveaux d'exposition (par exemple le benzène). Il a été démontré que la combinaison de plusieurs polluants (comme le SO₂ et le NO₂) pouvait abaisser les seuils de certains effets sur la santé.

Au niveau individuel, le risque lié à la pollution de l'air est beaucoup plus faible que celui lié à une tabagie active. Dans ce sens, les recherches sur les effets de la pollution distinguent souvent les populations de « fumeurs » et de « non-fumeurs ».

Le niveau d'exposition d'un homme varie également en fonction du temps passé à l'extérieur, des possibilités d'entrée des polluants dans l'atmosphère intérieure et du niveau de pollution généré à l'intérieur par les vapeurs de cuisine, les peintures, les vernis, les matériaux de construction.

L'évaluation des risques dus aux effets de la pollution est nécessaire chez les populations à haut risque comme les nourrissons, les enfants, les personnes âgées, les déficients respiratoires, les femmes enceintes et leur fœtus, les mal-nutris et les personnes malades. Ces personnes sont les premières touchées en cas de hausse de pollution.

L'influence de la pollution sur l'excès de mortalité est maintenant mieux connue sur l'homme. De récentes études sur l'impact de la santé en milieu urbain (notamment de l'Institut National de Veille Sanitaire¹) ont montré le lien entre pollution et mortalité. Ce lien est davantage marqué en ce qui concerne la mortalité due aux problèmes respiratoires et cardiovasculaires.

1.2.1 Les oxydes d'azote (NOx)

1.2.1.1 Santé



Seul le **dioxyde d'azote (NO₂) est considéré comme toxique** aux concentrations habituellement rencontrées dans l'air ambiant. Il pénètre dans les fines ramifications de l'appareil respiratoire et peut, dès 200 µg.m⁻³, entraîner une altération de la fonction respiratoire et une hyper réactivité bronchique chez les asthmatiques. Chez les enfants, il augmente la sensibilité des bronches aux infections microbiennes.

1.2.1.2 Environnement



Les oxydes d'azote contribuent également au **phénomène du dépérissement forestier**.

1.2.2 Les particules en suspension (PM₁₀, PM_{2,5})

1.2.2.1 Santé



L'action des particules est irritante et dépend de leurs diamètres. Les grosses particules (diamètre supérieur à 10 µm) sont retenues par les voies aériennes supérieures (muqueuses du naso-pharynx). Entre 5 et 10 µm, elles restent au niveau des grosses voies aériennes (trachée, bronches). Les plus fines (< 5 µm) pénètrent les alvéoles pulmonaires et peuvent, surtout chez l'enfant, **irriter les voies respiratoires ou altérer la fonction respiratoire**. Il existe une corrélation entre la teneur des particules et l'apparition de bronchites et de crises d'asthme. Les non-fumeurs peuvent percevoir des effets à partir de 200 µg.m⁻³ contre 100 µg.m⁻³ pour les fumeurs (muqueuses irritées). Les particules mesurées en routine sont en général inférieures à 10 µm (PM₁₀) ou à 2,5 µm (PM_{2,5}).

Certaines substances se fixent sur les particules (sulfates, nitrates, hydrocarbures, métaux lourds) dont certaines sont susceptibles d'accroître les risques de cancer comme les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP).

Les micro-particules diesel provoquent des cancers de façon certaine chez les animaux de laboratoire. Le Centre International de Recherche contre le Cancer (CIRC, 1989) et l'agence américaine de l'environnement (US EPA, 1994) ont classé les émissions de diesel comme étant probablement cancérigènes pour l'homme.

1.2.2.2 Environnement



Les bâtiments subissent également les effets de la pollution avec notamment le **noircissement des façades dû aux particules diesel**.

1.2.3 Les composés organiques volatils (COV)

1.2.3.1 Santé



Les effets des composés organiques volatils sur la santé sont très divers selon la substance en présence : ils vont de la simple **gêne olfactive** à une **irritation des voies respiratoires** (HAP, aldéhydes,...), jusqu'à des **risques d'effets mutagènes et cancérigènes** (benzène, formaldéhydes,...).

1.2.3.2 Environnement



Les composés organiques volatils contribuent, au même titre que les oxydes d'azote, aux processus de **formation d'ozone** en tant que **précurseurs**.

¹ Etude INVS réalisée entre mars 1997 et mars 1999 (Quénel, 1999)

1.3 La réglementation

1.3.1 La loi sur l'air et la réglementation française

Le 30 décembre 1996, le parlement français a adopté la **loi n°96-1236 sur « l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie »**. Elle s'appuie sur le « **droit reconnu à chacun de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé** », assorti de l'obligation du concours de l'état et des collectivités territoriales pour « **l'exercice du droit à l'information sur la qualité de l'air et ses effets sur la santé et l'environnement** ».

Ainsi, dès 1998, toutes les agglomérations de plus de 100 000 habitants ont dû se doter d'un dispositif de surveillance de la qualité de l'air, pour pouvoir couvrir l'ensemble du territoire national avant le 1^{er} janvier 2000.¹

Cette loi s'applique notamment sur des Plans Régionaux de Qualité de l'Air (PRQA) et sur des mesures d'urgence prises en cas de pic de pollution (diminution du trafic, mise en place de pastilles vertes, circulation alternée des véhicules selon les plaques d'immatriculation paires ou impaires,...).

La réglementation française pour l'air ambiant suit de très près celle de la Communauté Européenne. Le **décret n° 98-630 du 6 mai 1998** définit les modalités d'application de la loi sur l'air et fixe des valeurs réglementaires à respecter dans l'air ambiant pour la plupart des polluants visés par la directive européenne 96/62/CE : le dioxyde de soufre, le dioxyde d'azote, l'ozone, les particules en suspension, le monoxyde carbone, le plomb et le benzène.

Le **décret n° 2002-213 du 15 février 2002** modifie ou abroge les articles du précédent décret du 6 mai 1998, et remplace certaines valeurs réglementaires pour transposer celles fixées par les nouvelles directives européennes.

Pour le dioxyde de soufre, le dioxyde d'azote et l'ozone, certaines de ces valeurs sont soumises, en cas de dépassement de seuil, à des **procédures d'information du public** dont les conditions de déclenchement et les mesures d'urgences mises en oeuvre sont fixées par des **arrêtés préfectoraux**, propres donc à chaque département. Pour le Rhône et les communes de la côte de l'Ain, il s'agit de l'**arrêté inter-préfectoral Rhône-Ain, modifié le 28 juillet 2004**.

1.3.2 Les directives européennes

La **directive européenne cadre 96/62/CE** du 27 septembre 1996, concernant l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air ambiant, fournit le cadre à la législation communautaire sur la qualité de l'air, avec les quatre objectifs principaux suivants :

- Définir et fixer les objectifs concernant la pollution de l'air ambiant dans la Communauté, afin d'éviter, de prévenir et de réduire les effets nocifs pour la santé humaine ou pour l'environnement dans son ensemble.
- Evaluer, sur la base de méthodes et de critères communs, la qualité de l'air ambiant dans les Etats membres.
- Disposer d'informations adéquates sur la qualité de l'air ambiant et faire en sorte que le public soit informé, entre autres par des seuils d'alerte.
- Maintenir la qualité de l'air ambiant lorsqu'elle est bonne et l'améliorer dans les autres cas.

La **directive fille 1999/30/CE**, adoptée le 22 avril 1999, fixe des valeurs réglementaires pour le dioxyde soufre, les oxydes d'azote, les particules (PM₁₀) et le plomb dans l'air ambiant.

La **directive fille 2000/69/CE**, adoptée le 16 novembre 2000, fixe des valeurs réglementaires pour le benzène et le monoxyde de carbone.

La **directive fille 2002/3/CE**, adoptée le 12 février 2002, fixe des valeurs réglementaires pour l'ozone.

¹ Par exemple, COPARLY exerce sa compétence sur le département du Rhône et sur la région lyonnaise, ASCOPARG sur l'arrondissement de Grenoble et sur le sud-est du département de l'Isère, SUPAIRE sur les arrondissements de Vienne et La Tour du Pin, et sur le nord-ouest du département de l'Isère.

1.3.3 Quelques définitions

Les différents seuils fixés par les textes réglementaires sont définis ci-dessous :

Objectif de qualité : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement. Il s'agit d'une valeur de confort (valeur guide ou valeur cible), ou d'un objectif de qualité de l'air à atteindre, si possible, dans une période donnée.

Valeur limite : niveau maximal de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement.

Seuil d'information (et de recommandations) : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine des groupes particulièrement sensibles, et à partir duquel des informations actualisées doivent être diffusées à la population.

Seuil d'alerte : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de toute la population (ou un risque de dégradation de l'environnement) à partir duquel des mesures d'urgence et d'information du public doivent être prises.

Ces valeurs sont régulièrement réévaluées pour prendre en compte les résultats d'études médicales et épidémiologiques.

1.3.4 Les valeurs réglementaires par polluant

Les pages suivantes présentent l'ensemble des valeurs fixées par la réglementation française : décret n° 2002-213 adopté le 15 février 2002, transposant les valeurs fixées par les directives européennes 1999/30/CE et 2000/69/CE, et modifiant le décret français précédent n° 98-360 du 6 mai 1998.

Ces valeurs réglementaires sont regroupées par polluant sous forme de tableaux, en précisant les dépassements autorisés pour les valeurs applicables seulement en 2005 ou en 2010.

1.3.4.1 Oxydes d'azote (NO, NO₂)

DECRET FRANCAIS 2002-213 du 15 février 2002												
Valeurs réglementaires pour le dioxyde d'azote (NO ₂) et les oxydes d'azote (NOx)												
Type de seuil	Valeur à respecter (en µg.m ⁻³)		Période et statistique pour le calcul	Date d'application	Valeurs autorisées avant la date d'application ¹ (en µg.m ⁻³)							
					2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Objectif de qualité	40	Moyenne annuelle	Année civile ²	19/07/2001								
Valeur limite	200	Moyenne horaire	Centile 99,8 des moyennes horaires ³ sur l'année civile	01/01/2010	280	270	260	250	240	230	220	210
Valeur limite	40	Moyenne annuelle	Année civile	01/01/2010	56	54	52	50	48	46	44	42
Valeur limite ⁴	30 (NO+ NO ₂ en équivalent NO ₂) ⁵	Moyenne annuelle en oxydes d'azote	Année civile	19/07/2001								
Seuil d'information	200	Moyenne horaire	Conditions de déclenchement selon arrêté préfectoral ⁶	19/07/2001								
Seuil d'alerte	400 ou 200 ⁷	Moyenne horaire	Conditions de déclenchement selon arrêté préfectoral	19/07/2001								

A titre d'information, le tableau suivant présente des valeurs de recommandations du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF) et de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) :

RECOMMANDATIONS pour la santé humaine concernant le dioxyde d'azote (NO ₂)				
Type de seuil	du CSHPF (en µg.m ⁻³)		de l'OMS (en µg.m ⁻³)	
Objectif de qualité	50	Moyenne annuelle	40	Moyenne annuelle
Seuil d'information	250	Moyenne horaire	200	Moyenne horaire
Seuil d'alerte	400	Moyenne horaire		

¹ Dates d'application et marges de dépassement autorisées fixées par les directives européennes n° 1999/30/CE (22 avril 1999) et n° 2000/69/CE (16 novembre 2000).

² Du 1^{er} janvier au 31 décembre.

³ Soit 18 heures de dépassement autorisés par an. Jusqu'au 31/12/2009, ce seuil ne doit pas être dépassé plus de 175 heures par an (centile 98 des moyennes horaires sur l'année civile).

⁴ Pour la protection de la végétation (sans conséquences graves pour la santé humaine).

⁵ Concentrations mesurées en NO et NO₂, additionnées en parties par billion (ppb) et exprimées en équivalent NO₂ (en µg.m⁻³)

⁶ Dans le Rhône et l'Ain : si dépassement sur une station urbaine de fond et sur au moins une autre station de fond ou deux stations de proximité, à moins de 3 heures d'intervalle.

Dans l'Isère : si dépassement sur deux stations dont une urbaine de fond, à moins de 3 heures d'intervalle.

⁷ Si la procédure d'information et de recommandations pour le dioxyde d'azote a été déclenchée la veille et le jour même, et que les prévisions font craindre un nouveau risque de déclenchement pour le lendemain.

1.3.4.2 Particules en suspension (PM₁₀)

DECRET FRANÇAIS 2002-213 du 15 février 2002							
Valeurs réglementaires pour les particules en suspension (PM ₁₀)							
Type de seuil	Valeur à respecter (en µg.m ⁻³)		Période et statistique pour le calcul	Date d'application	Valeurs autorisées avant la date d'application ¹ (en µg.m ⁻³)		
					2002	2003	2004
Objectif De qualité	30	Moyenne annuelle	Année civile ²	19/07/2001			
Valeurs limites ³	50	Moyenne journalière	Centile 90,4 des moyennes journalières ⁴ sur l'année civile	01/01/2005	65	60	55
	40	Moyenne annuelle	Année civile	01/01/2005	44	43	41

A titre d'information, le tableau suivant présente des valeurs de recommandations du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF), ainsi que les valeurs prévues à plus long terme par les directives européennes :

RECOMMANDATIONS du CSHPF pour la santé humaine concernant les particules (PM ₁₀)			DIRECTIVE EUROPEENNE 1999/30/CE concernant les particules (PM ₁₀)							
Type de seuil	Valeur à respecter (en µg.m ⁻³)		Type de seuil	Valeur à respecter en 2010 (en µg.m ⁻³)	Valeurs autorisées entre 2005 et 2010 (en µg.m ⁻³)					
					2005	2006	2007	2008	2009	2010
Objectif de qualité	30	Moyenne sur 8 h	Objectifs de valeurs limites ⁵	50	Moyenne journalière					
Seuil d'information	80	Moyenne mobile sur 24h		20	Moyenne annuelle					
Seuil d'alerte	125	Moyenne mobile sur 24h			40	36	32	28	24	20

¹ Dates d'application et marges de dépassement autorisées fixées par les directives européennes n° 1999/30/CE (22 avril 1999) et n° 2000/69/CE (16 novembre 2000).

² Du 1^{er} janvier au 31 décembre.

³ Phase d'ajustement et d'observation (Phase 1).

⁴ Soit 35 jours de dépassement autorisés par an.

⁵ Valeurs indicatives à réexaminer à la lumière d'informations complémentaires sur les effets sur la santé et l'environnement, la faisabilité technique et l'expérience acquise lors de la phase 1 (avant le 01/01/2005).

⁶ Marges de dépassement entre 2005 et 2010 fixées ultérieurement.

1.3.4.3 Benzène (C₆H₆)

Parmi les composés organiques volatils (COV), le benzène est pour l'instant le seul polluant soumis à des valeurs réglementaires.

DECRET FRANÇAIS 2002-213 du 15 février 2002												
Valeurs réglementaires pour le benzène (C ₆ H ₆)												
Type de seuil	Valeur à respecter (en µg.m ⁻³)		Période et statistique pour le calcul	Date d'application	Valeurs autorisées avant la date d'application ¹ (en µg.m ⁻³)							
					2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Objectif de qualité	2	Moyenne annuelle	Année civile	19/07/2001								
Valeur limite	5	Moyenne annuelle	Année civile	01/01/2010	10	10	10	10	9	8	7	6

A titre d'information, le tableau suivant présente des valeurs de recommandations du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF) et de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) :

RECOMMANDATIONS pour la santé humaine concernant le benzène (C ₆ H ₆)			
Type de seuil	du CSHPF (en µg.m ⁻³)		de l'OMS (en µg.m ⁻³)
Objectif de qualité	2	Moyenne annuelle	Risque, pour une exposition à des teneurs moyennes de 1 µg.m ⁻³ sur toute une vie (24h/24), d'induire un décès supplémentaire (par cancer, leucémie,...) : 6.10 ⁻⁶ (6 cas sur 1 000 000 de personnes)
Valeurs limites	10	Moyenne annuelle	
	25	Moyenne journalière	

¹ Dates d'application et marges de dépassement autorisées fixées par les directives européennes n° 1999/30/CE (22 avril 1999) et n° 2000/69/CE (16 novembre 2000).

2 METHODOLOGIE ADOPTEE

2.1 Présentation générale du projet « Ligne Forte C3 »

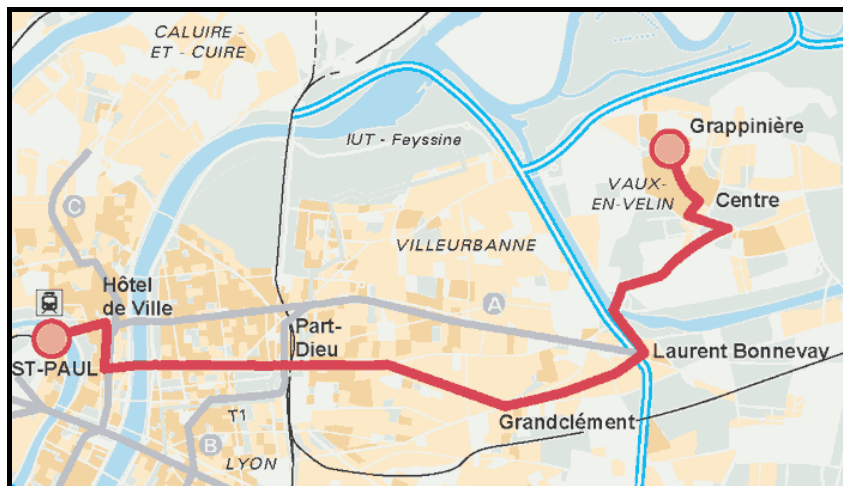
La ligne de trolleybus « Cristalis C3 » desservira 26 stations existantes implantées sur 11,6 km de Vaulx-en-Velin (Grappinière) à la gare Saint-Paul (Lyon 5^{ème}), en passant par le pôle multimodal « Laurent Bonnevey - Astroballe ».

Entre Saint-Paul, la Presqu'île, la Part-Dieu et Laurent Bonnevey, la ligne C3 empruntera l'itinéraire de la ligne 1. Entre Laurent-Bonnevey et le quartier de la Grappinière à Vaulx-en-Velin, la ligne C3 empruntera le parcours de la ligne de bus 51.

Les enjeux de cette ligne pour le SYTRAL sont :

- ✓ Créer une liaison rapide et directe entre Vaulx-en-Velin, Laurent Bonnevey, Part-Dieu et le nord de la Presqu'île.
- ✓ Garantir une fréquence élevée et des temps de parcours réduits :
 - Vaulx-en-Velin (Grappinière) / Laurent Bonnevey (Astroballe) en environ 11 minutes.
 - Hôtel de ville de Vaulx-en-Velin / Part-Dieu en environ 20 minutes.

Le tracé de la ligne de trolleybus « Cristalis C3 » sera le suivant :



Tracé de la future Ligne Forte C3



Secteur de Vaulx-en-Velin



Secteur Laurent Bonnevey

Caractéristiques de la ligne C3 :

- **Longueur** : 11,6 km.
- **Nombre de stations** : 26
- **Itinéraire** : tracé actuel des lignes 1 et 51.
- **Desserte** : 90 000 habitants à moins de 300m.
- **Coût** : 38 millions d'euros (infrastructure).

Calendrier Prévisionnel du projet de la ligne C3 :

- **4^{ème} semestre 2003** : élaboration de l'avant-projet.
- **Novembre 2003** : 1^{ère} concertation.
- **Avril 2004** : 2^{ème} concertation.
- **Juin 2004** : déclaration d'utilité publique.
- **Septembre 2004** : enquête publique.
- **Août 2005** : début des travaux.
- **Fin 2006** : mise en service de la ligne C3.

Source : <http://www.sytral.fr>

2.2 Périodes de mesure

2.2.1 En règle générale

Le comportement des polluants atmosphériques locaux (transport et/ou accumulation) est fortement lié aux conditions climatiques (pluviométrie, vent, température, ensoleillement).

Ainsi, selon la directive européenne du 22 avril 1999, les mesures doivent être **également réparties dans l'année avec un minimum de 8 semaines de mesures** pour être considérées comme représentatives de la qualité de l'air d'un site donné et permettre une comparaison avec les normes en vigueur.

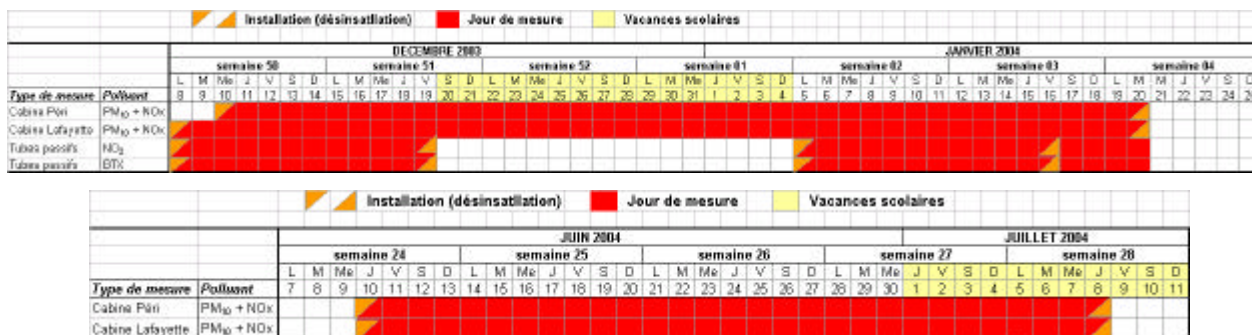
2.2.2 Dans le cadre de l'étude

La méthode retenue dans le cadre de cette étude consiste à réaliser des mesures sur plusieurs semaines pendant la période la plus favorable statistiquement à l'observation de concentrations élevées en proximité automobile, à savoir la période hivernale. Les mesures obtenues sont comparées à celles de plusieurs sites fixes de COPARLY, dont les concentrations et le comportement sont connus sur plusieurs années. Une seconde série de mesure sur la saison estivale permet ensuite d'estimer une concentration moyenne sur l'année.

Pour la première phase de l'étude, le recueil des mesures en continu a été réalisé sur **six semaines, du 8 décembre 2003 au 20 janvier 2004**, sur **quatre sites de proximité automobile**, dont deux du réseau fixe de COPARLY et deux autres spécialement implantés pour l'étude avec des cabines équipées d'analyseurs automatiques. L'un de ces sites était situé au centre-ville de Lyon, sur une partie du tracé traversant une zone urbaine très dense : sur le cours Lafayette ; l'autre a été implanté à Vaulx-en-Velin, sur une partie plus résidentielle mais avec un trafic important : l'avenue G.Péris (voir § 2.4).

Durant cette même période, **deux expositions de onze jours chacune avec des échantillonneurs à diffusion passive** (ou tubes passifs) ont été réalisées sur **dix-huit sites** répartis le long du tracé de la ligne Forte C3, **du 8 au 19 décembre 2003 et du 5 au 16 janvier 2004**. A noter donc que ces deux campagnes de mesure ont été menées **en dehors de la période de vacances scolaires**, qui était susceptible d'enregistrer des valeurs atypiques et non représentatives des périodes d'activité normale.

La phase estivale a été menée sur **quatre semaines, du 10 juin au 8 juillet 2004**, avec un suivi des niveaux (mesures en continu) sur les quatre sites de proximité (sites fixes et cabines laboratoires).



2.3 Techniques de mesure

COPARLY travaille selon un système qualité basé sur le référentiel COFRAC et ISO 9001. A ce titre, toute disposition prise pour le système assurance qualité est applicable pour la présente étude, comme la maintenance du parc d'appareil de mesure par le service technique, ou l'élaboration et le suivi de la campagne par le service étude.

2.3.1 Mesure en continu avec des stations fixes

Pour établir un bilan initial et estimer l'importance des dépassements de valeurs réglementaires, il est indispensable de disposer de données précises, déclinées dans la mesure du possible sur un pas de temps horaire. Ces données sont fournies pendant toute l'année en continu par des analyseurs automatiques implantés sur des sites fixes constituant le réseau de surveillance permanent de COPARLY. Ces analyseurs sont étalonnés tous les quinze jours à l'aide de gaz étalons reliés à la référence du Laboratoire National d'Essais (LNE) et soumis aux contrôles d'assurance qualité. Les résultats sont transmis chaque jour à un serveur informatique et incorporés dans une base de données par le biais d'un raccordement téléphonique.

Dans le cadre de cette étude, **quatre stations fixes ont été retenues comme sites de référence**, dont trois de type trafic et un site urbain de fond (voir § 2.4).

2.3.2 Mesure en continu avec des moyens mobiles

Pour réaliser des contrôles ponctuels de la qualité de l'air dans le cadre d'une étude, COPARLY utilise ses laboratoires mobiles (remorques, camions ou cabines), équipés du même type d'analyseur que ceux utilisés dans les stations fixes, mesurant la qualité de l'air de manière continue et automatique. Ces équipements sont climatisés en été et chauffés en hiver, afin de respecter les températures de consigne des appareils, et les analyseurs sont calibrés tous les quinze jours, pour une qualité de mesure identique à celle pratiquée sur le réseau fixe. L'ensemble nécessite un raccordement électrique classique (220V-15A), trouvé généralement à moins de 50 mètres du lieu d'implantation. Lorsque cela est possible (raccordement téléphonique ou modem GSM), les résultats sont également transmis chaque jour à la base de données de COPARLY. Sinon, ils sont stockés dans une station d'acquisition et récupérés par le personnel du service technique.



Cabine laboratoire

Pour cette étude, **deux sites mobiles ont été implantés avec des cabines laboratoires**, tous les deux avec une typologie de proximité du trafic (voir § 2.4).

2.3.3 Mesure de concentrations moyennes avec des tubes passifs

Le principe d'échantillonnage des tubes passifs repose sur la diffusion moléculaire du polluant gazeux à travers un milieu absorbant :

- le triéthanolamine pour la mesure du dioxyde d'azote (NO₂)
- le charbon actif pour la mesure du benzène et du toluène (BTX)



Tube passif NO₂



Tube passif BTX



Exemple de site

Les tubes sont placés dans des boîtes protectrices, pour diminuer l'influence du vent et des intempéries sur les conditions de diffusion, elle-mêmes fixées sur un poteau ou support trouvé dans la zone convenant à la typologie recherchée pour la mesure.

Dans les deux cas, la concentration du polluant mesuré dans l'échantillonneur passif est proportionnelle aux concentrations présentes dans l'environnement. Après une durée d'exposition bien définie (11 jours dans le

cadre de cette étude), la quantité de polluant absorbé est extraite puis analysée en laboratoire¹. La concentration finale représente une moyenne sur l'ensemble de la période d'exposition.

Cette technique, bien que moins précise par rapport aux analyseurs, présente l'avantage d'être moins onéreuse que les mesures en continu pour sonder un nombre plus important de sites. Enfin, cette méthode étant fortement dépendante des conditions météorologiques, il est préférable de multiplier le nombre d'exposition afin d'augmenter la fiabilité des mesures.

Dans le cadre de cette étude, **18 sites ont été équipés avec des tubes passifs**, sur des sites de type trafic et **les mesures ont été réalisées sur 2 périodes d'exposition de 11 jours chacune** (voir § 2.4).

Afin de contrôler la répétabilité des mesures et de comparer les deux méthodes, chaque site possédant un analyseur (sites fixes et mobiles) a été équipé de cinq tubes passifs. Pour la mesure du dioxyde d'azote, cela concerne cinq sites, et pour la mesure du benzène et du toluène, seulement un site.

Tous les autres sites ont été sondés avec deux tubes, permettant tout de même de réaliser une moyenne ou d'invalider une valeur en cas de résultat vraiment aberrant. De plus, un tube témoin a été analysé pour chaque campagne de mesure.

A noter que les tubes passifs sont de plus en plus utilisés par les organismes de surveillance de la qualité de l'air pour réaliser des cartographies de la pollution. Cette technique permet notamment de suivre les tendances sur plusieurs années dans le cadre de plans de surveillance de la qualité de l'air.

2.4 Choix des sites de mesure

2.4.1 Définition des typologies de site

Tous les sites de mesure de la qualité de l'air sont classés selon les typologies suivantes, répondant à des critères nationaux précis d'implantation² :

- ☞ **Site urbain** : site implanté en milieu urbain dense (agglomération ou pôle urbain) et dont les mesures sont représentatives de la pollution de fond à laquelle est soumise l'ensemble de la population habitant en centre urbain (dans un rayon moyen de l'ordre du kilomètre).
- ☞ **Site périurbain** : site implanté en milieu urbain moins dense que pour un site urbain³ et dont les mesures sont représentatives de la pollution de fond à laquelle est soumise l'ensemble de la population habitant à la périphérie des grandes agglomérations et autres centres urbains (dans un rayon moyen de l'ordre de plusieurs kilomètres).
- ☞ **Site rural** : Site implanté en milieu très peu urbanisé et éloigné de tout émetteur direct, représentatif de la pollution de fond en zone rurale peu habitée (dans un rayon moyen pouvant aller jusqu'à plusieurs dizaines ou centaines de kilomètres).
- ☞ **Site trafic** : Site implanté à proximité immédiate d'une voie de circulation automobile⁴ et dont la mesure est représentative de la pollution maximale à laquelle peut être soumise la population habitant à proximité (dans un rayon moyen de l'ordre de plusieurs dizaines de mètres).
- ☞ **Site industriel** : Site implanté à proximité d'une source d'émissions ponctuelle à caractère industriel⁵ et dont la mesure est représentative de la pollution maximale à laquelle peut être soumise la population habitant à proximité (dans un rayon moyen pouvant aller de 200 m à 5 km).⁶

Un site ne répondant à aucun de ces critères est qualifié « **d'observation spécifique** ».

2.4.2 Sites équipés de tubes passifs

Pour obtenir une vue d'ensemble de la qualité de l'air sur la zone d'influence de la future Ligne Forte C3, **dix-huit sites de mesures ont été équipés avec des tubes passifs.**

La plupart des sites ont été choisis avec la typologie d'un site trafic⁷ afin de mesurer les niveaux maximum à laquelle peut être soumise la population habitant à proximité du tracé et de pouvoir les comparer entre eux.

¹ Laboratoire PASSAM (Suisse) pour la mesure du dioxyde d'azote ; laboratoire F.S.MAUGERI (Italie) pour la mesure des BTX.

² Selon le guide de « classification et critères d'implantation des stations de surveillance de la qualité de l'air » (ADEME).

³ La différence entre un site urbain et périurbain dépend essentiellement de la population totale sur l'agglomération ou le pôle urbain considéré, et de la densité de population autour du site.

⁴ En zone urbaine ou périurbaine et à une distance inférieure ou égale à 5 mètres de la voie de circulation

⁵ En zone urbaine ou périurbaine et à une distance dépendant de plusieurs facteurs caractéristiques de la source d'émission

⁶ Selon l'intensité de la source, la topographie des lieux et les conditions météorologiques.

⁷ A l'exception des 4 sites du transect perpendiculaire à l'avenue G.Péri, qui ne sont pas directement à proximité du trafic.

- Neuf de ces sites ont été répartis le plus également possible le long du tracé (11,6 km), depuis la gare Saint-Paul dans Lyon 5^{ème} jusqu'à l'avenue du 8 mai 1945 à Vaulx-en-Velin, ce qui représente en moyenne un point de mesure tous les 1500 mètres environ.
Parmi ces neuf sites, quatre ont été implantés à l'emplacement des stations fixes existantes à proximité du trajet ou des stations mobiles installées pour l'étude, afin de permettre a posteriori la validation et l'ajustement des valeurs mesurées par tubes passifs en dioxyde d'azote avec les moyennes enregistrées par les analyseurs automatiques.
- Huit autres sites ont servi à former deux transects de quatre points de mesure chacun, implantés perpendiculairement à l'axe du tracé (2 sites de part et d'autre de la chaussée pour chaque transect), au niveau de l'emplacement des deux sites mobiles (c.f. § suivant).
Ces transects ont pour but de mesurer la décroissance de la concentration des polluants en fonction de la distance à la source d'émission (dans cette étude : entre 50 m et 150m)
- Le dernier site a été choisi sur la station fixe « Garibaldi » de type trafic, légèrement excentrée du trajet de la ligne C3, mais mesurant généralement des niveaux de pollution plus élevés que les autres sites, en lien avec le trafic important dans la rue Garibaldi où est située la station. Ce point de comparaison supplémentaire pour le dioxyde d'azote sur des valeurs de concentrations élevées permettra donc de mieux évaluer le biais systématique entre les mesures des tubes passifs et celles des analyseurs (voir plus loin). D'autre part, c'est le seul site fixe sur la zone d'étude équipé d'un analyseur de benzène et de toluène, pour une comparaison avec les tubes passifs BTX.

Les **18 points de mesures** sont présentés en détail ci-dessous avec leurs coordonnées, le nombre de tubes passifs et la présence ou non d'analyseurs sur chaque site :

Numéro	Nom	Adresse	Complément	Commune	Particularité	X_UTM31	Y_UTM31
LC3_01	Saint-Paul	Gare Saint-Paul	Au centre de la place	Lyon 5 ^{ème}		642100	5069700
LC3_02_Fix	Puits-Gaillot	rue Puits-Gaillot	Face Hôtel de Ville – Opéra	Lyon 1 ^{er}	Site Fixe	642710	5069890
LC3_03_Cab	Cabine_Lafayette	149 rue Boileau	Ecole Jean Jaurès, en face des Halles de Lyon	Lyon 6 ^{ème}	Cabine Mobile	643880	5069450
LC3_04	Lafayette_Tolstoï	5 crs Tolstoï	Angle rue de Lorraine	Lyon 3 ^{ème}		645500	5069500
LC3_05_Fix	Grand-Clément	rue J.Jaurès	Angle rue E.Fournière	Villeurbanne	Site Fixe	646770	5068980
LC3_06	Léon_Blum	121 rue Léon Blum	Angle rue Cyprian	Villeurbanne		647850	5069180
LC3_07_Cab	Cabine_Péri	156 av. G.Péri	Angle rue Saint-Exupéry	Vaulx-en-Velin	Cabine Mobile	648560	5070500
LC3_08	Maurice_Thorez	av. Maurice Thorez	Angle chemin Bachelard	Vaulx-en-Velin		648800	5071390
LC3_09	8_mai_1945	51 rue du 8 mai 1945	Angle rue des Maraîchers	Vaulx-en-Velin		648310	5072330
LC3_10_Tr1	Lafayette_N_100m	rue Duguesclin	Juste avant rue Robert	Lyon 6 ^{ème}	Transect Lafayette (env. 100m au nord)	643710	5069550
LC3_11_Tr1	Lafayette_N_050m	rue Duguesclin	Juste avant rue L.Blanc	Lyon 6 ^{ème}	Transect Lafayette (env. 50m au nord)	643720	5069500
LC3_12_Tr1	Lafayette_S_050m	rue Duguesclin	Juste avant rue Rabelais	Lyon 3 ^{ème}	Transect Lafayette (env. 50m au sud)	643730	5069400
LC3_13_Tr1	Lafayette_S_100m	rue Duguesclin	Juste avant rue Le Royer	Lyon 3 ^{ème}	Transect Lafayette (env. 100m au sud)	643740	5069350
LC3_14_Tr2	Péri_N_150m	Chemin Pot Carron	Stade Ladoumègue	Vaulx-en-Velin	Transect Péri (env. 150m au nord)	648520	5070640
LC3_15_Tr2	Péri_N_100m	rue G.Sallendre	Stade Ladoumègue	Vaulx-en-Velin	Transect Péri (env. 100m au nord - décalé à l'ouest)	648480	5070570
LC3_16_Tr2	Péri_S_050m	rue Saint-Exupéry	Au milieu de la rue (impasse)	Vaulx-en-Velin	Transect Péri (env. 50m au sud)	648580	5070430
LC3_17_Tr2	Péri_S_150m	rue Sakharov	Sur une petite place derrière la rue Saint-Exupéry	Vaulx-en-Velin	Transect Péri (env. 150m au sud)	648600	5070330
LC3_18_Fix	Garibaldi	rue Garibaldi	Angle rue de Seize	Lyon 6 ^{ème}	Site Fixe	643900	5069950

Emplacement des sites de mesures avec des tubes passifs




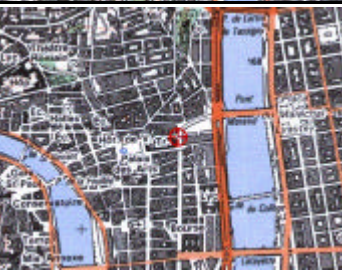






⇒ **REMARQUES IMPORTANTES :**



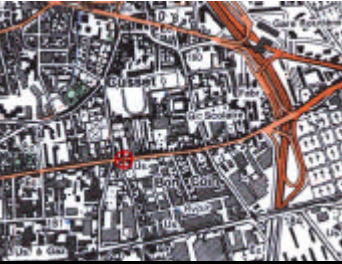






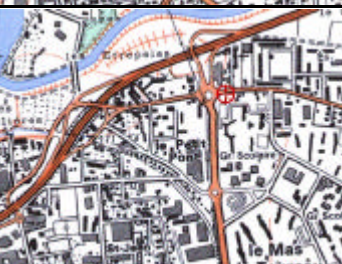


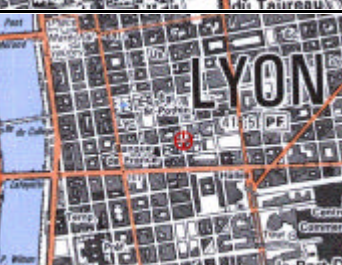


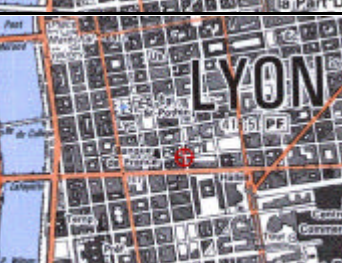

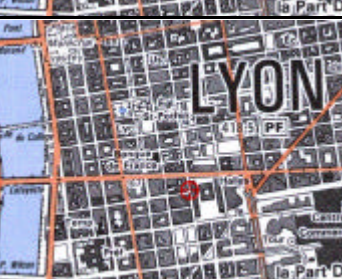
① Quelques semaines avant le début des mesures de qualité de l'air, des comptages routiers ont été réalisés le long du tracé de ligne C3 sur demande du SYTRAL pour l'étude d'impact.

* Les deux dernières colonnes représentent les coordonnées dans le système de projection UTM31-WGS84.

Afin de pouvoir associer les mesures de qualité de l'air aux mesures de trafic routier, COPARLY a tenu compte de l'emplacement des boucles de comptage pour le choix des sites de mesure (voir plus loin, la carte récapitulative d'implantation des sites).

② Tous les sites ont été implantés à moins de 5 mètres de la voie de circulation étudiée afin de respecter le principal critère d'implantation d'une typologie trafic, excepté pour les 4 points du transect Péri qui ne sont pas sur une réelle voie de circulation mais dans des zones plus résidentielles (allées, impasse,...).

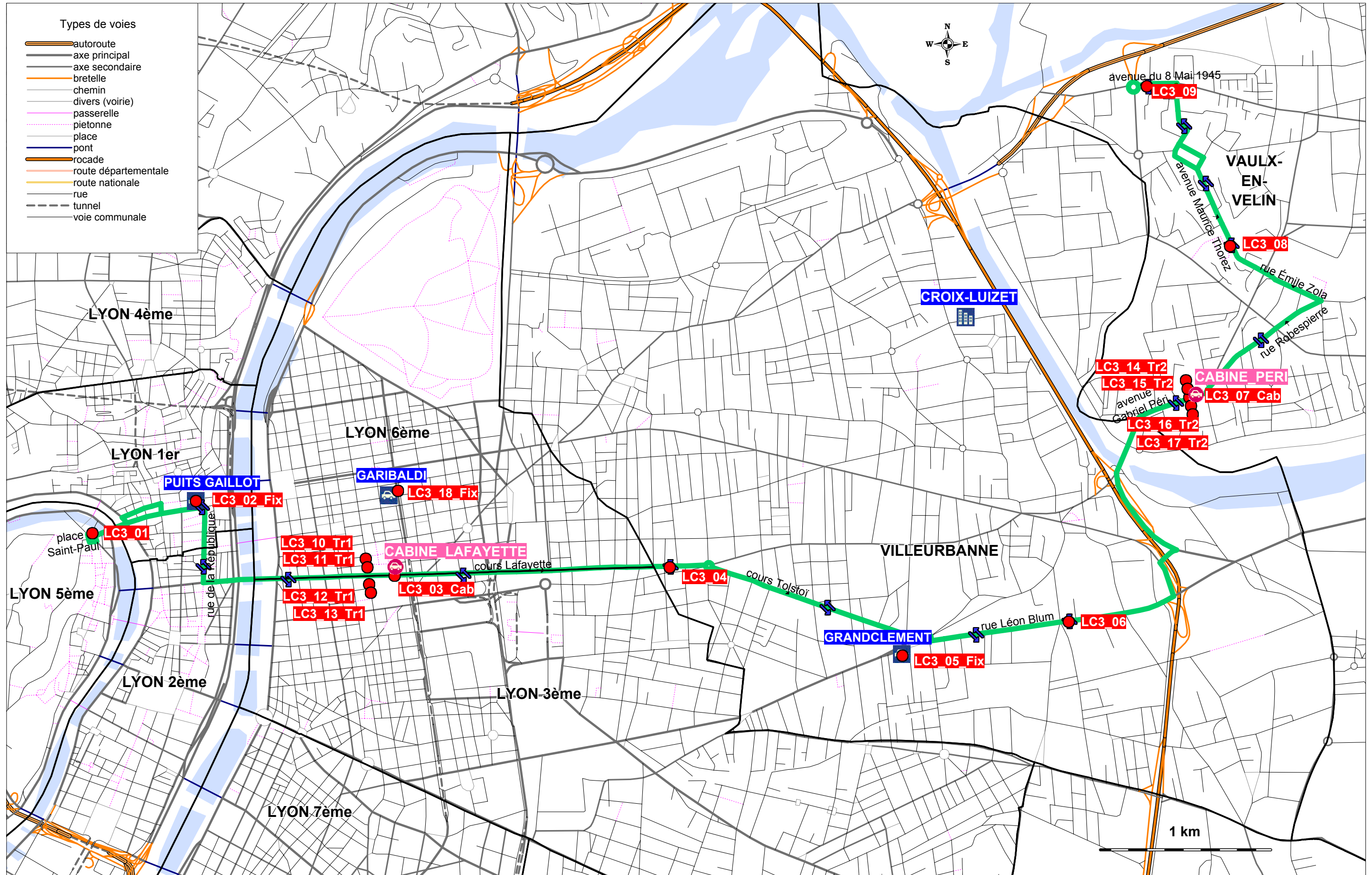
Numéro et Nom	Nombre tubes passifs		Analyseur automatique (OUI = X)		Photos	Plan
	NO ₂	BTX	NO ₂	BTX		
LC3_01 Saint-Paul	2	2				
LC3_02_Fix Puits-Gaillot	5	2	X			
LC3_03_Cab Cabine_Lafayette	5	2	X			
LC3_04 Lafayette_Tolstoï	2	2				
LC3_05_Fix Grand-Clément	5	2	X			

<p>LC3_06 Léon_Blum</p>	<p>2</p>	<p>2</p>					
<p>LC3_07_Cab Cabine_Péri</p>	<p>5</p>	<p>2</p>	<p>X</p>				
<p>LC3_08 Maurice_Thorez</p>	<p>2</p>	<p>2</p>					
<p>LC3_09 8_mai_1945</p>	<p>2</p>	<p>2</p>					
<p>LC3_10_Tr1 Lafayette_N_100m</p>	<p>2</p>	<p>2</p>					
<p>LC3_11_Tr1 Lafayette_N_050m</p>	<p>2</p>	<p>2</p>					
<p>LC3_12_Tr1 Lafayette_S_050m</p>	<p>2</p>	<p>2</p>					

<p>LC3_13_Tr1 Lafayette_S_100m</p>	<p>2</p>	<p>2</p>					
<p>LC3_14_Tr2 Péri_N_150m</p>	<p>2</p>	<p>2</p>					
<p>LC3_15_Tr2 Péri_N_100m</p>	<p>2</p>	<p>2</p>					
<p>LC3_16_Tr2 Péri_S_050m</p>	<p>2</p>	<p>2</p>					
<p>LC3_17_Tr2 Péri_S_150m</p>	<p>2</p>	<p>2</p>					
<p>LC3_18_Fix Garibaldi</p>	<p>5</p>	<p>5</p>	<p>X</p>	<p>X</p>			

PRÉSENTATION DES SITES DE MESURE SUR LA LIGNE FORTE C3

ETUDE DE LA QUALITE DE L'AIR SUR LE TRACE DE LA LIGNE FORTE C3



Sources :
COPARLY
Geosys Data

Copyright 2003

2.4.3 Sites fixes et mobiles équipés d'analyseurs

Le schéma ci-dessous présente les sites fixes du réseau COPARLY déjà existants dans la zone du tracé de la future Ligne Forte C3, ainsi que l'emplacement des deux sites mobiles implantés pour l'étude :



Site Fixe : CROIX-LUIZET
Typologie : Site Urbain (Site ATMO)
Adresse : 31 rue A.Briron - Gpe scolaire J.Moulin
Commune : Villeurbanne
Polluants mesurés :
 - Oxydes d'azote (NO,NO₂)
 - Poussières (PM₁₀)
 - Dioxyde de soufre (SO₂)
 - Ozone (O₃)



Site Fixe : GARIBALDI / BOSSUET
Typologie : Site Trafic (Urbain pour les PM₁₀)
Adresse : 60 rue de Seize – Mairie du 6^{ème}
Commune : Lyon 6^{ème}
Polluants mesurés :
 - Oxydes d'azote (NO,NO₂)
 - Benzène et Toluène (BTX)
 - Monoxyde de carbone (CO)
 - Poussières (PM₁₀ - fond urbain)



Site Mobile : Cabine_Péri
Dates d'installation :
 du 10/12/03 au 20/01/04
Typologie : Site Trafic
Adresse : 156 av G.Péri – SARL NOUR « Le Salon Marocain »
Commune : Vaux-en-Velin
Polluants mesurés :
 - Oxydes d'azote (NO,NO₂)
 - Poussières (PM₁₀)



Site Fixe : PUIITS GAILLOT
Typologie : Site Trafic
Adresse : rue Puits Gaillot – Hôtel de Ville
Commune : Lyon 1^{er}
Polluants mesurés :
 - Oxydes d'azote (NO,NO₂)
 - Dioxyde de soufre (SO₂)
 - Monoxyde de carbone (CO)



Site Fixe : GRAND-CLEMENT
Typologie : Site Trafic
Adresse : 14 pl. Grand-Clément
Commune : Villeurbanne
Polluants mesurés :
 - Oxydes d'azote (NO,NO₂)
 - Poussières (PM₁₀)
 - Hydrocarbures totaux (HCT)



Site Mobile : Cabine_Lafayette
Dates d'installation : du 08/12/03 au 20/01/04
Typologie : Site Trafic
Adresse : 149 rue Boileau - Ecole Maternelle J.Jaurès - sur le cours Lafayette (face aux Halles de Lyon)
Commune : Lyon 6^{ème}
Polluants mesurés :
 - Oxydes d'azote (NO,NO₂)
 - Poussières (PM₁₀)

Les **stations fixes** « Puits-Gaillot » et « Grand-Clément » de typologie trafic sont les plus proches du tracé de la future Ligne Forte C3. Elles ont donc été retenues comme points de mesure et de comparaison avec les tubes passifs pour la mesure du NO₂.

La station « Garibaldi / Bossuet », (sur la rue Garibaldi : de typologie trafic pour la mesure des NOx et COV ; sur la rue Bossuet : de typologie urbaine pour la mesure des poussières PM₁₀), se trouve légèrement plus excentrée de l'axe du trajet et subit plus l'influence du trafic de la rue Garibaldi que de celui du cours Lafayette. Néanmoins, comme déjà évoqué plus haut, ce site a été équipé de tubes passifs car c'est le seul site fixe sur la zone d'étude possédant un analyseur de benzène et de toluène, et parce qu'il enregistre généralement des concentrations plus élevées que les deux autres sites trafic « Puits-Gaillot » et « Grand-Clément », ce qui permet une meilleure évaluation du biais systématique entre les mesures des tubes passifs et celles des analyseurs (voir plus loin).

Le site « Croix-Luizet » est nettement plus éloigné du tracé de la ligne C3 : c'est un site urbain de fond. Il n'a pas été équipé avec des tubes passifs, mais il sert de site de référence pour comparer les mesures obtenues à proximité du trafic avec les niveaux de fond en milieu urbain.

Les deux **sites mobiles** (cabines) ont été choisis pour compléter les informations que pouvaient déjà fournir les stations fixes, et en fonction des possibilités techniques pour une implantation sur le trajet de la Ligne Forte C3 tout en respectant une typologie trafic.

Le site « Lafayette » a été choisi sur une partie du trajet de la ligne C3 possédant à la fois un trafic important et une forte densité de population. Il a été implanté sur le cours Lafayette, entre la rue Garibaldi et la rue Boileau, dans l'école maternelle Jean Jaurès (en face des Halles de Lyon). Les cabines étaient situées dans la cour de l'école, séparées du cours Lafayette par un muret d'environ 2 mètres de hauteur, se terminant par des grilles au niveau des têtes de prélèvement des analyseurs qui se situaient donc à moins de 5 mètres du passage des voitures et des bus. Ce site a été installé en même temps que le début de la première campagne de mesure avec les tubes passifs.



Site «Lafayette» (vue extérieure)



Site «Lafayette» (vue intérieure)



Cours Lafayette (les Halles)

Le site « Péri » a été choisi sur une partie du trajet de la ligne C3 ayant le trafic le plus important sur la commune de Vaulx-en-Velin, mais dans une zone avec une faible densité de bâti, ceci afin de pouvoir étudier (sur un transect) la décroissance des concentrations en fonction de l'éloignement à la voie principale sans interférences ou presque avec une urbanisation et une activité humaine denses. Ce site a été implanté sur l'avenue Gabriel Péri, entre le Pont de Cusset et l'avenue Lefèvre, au niveau du stade Ladoumègue. Pour la période hivernale, les cabines étaient situées sur une aire privée (fermée par une grille) servant d'accès de livraison pour un magasin de meubles, à moins de 5 mètres du passage des voitures et des bus sur l'avenue G.Péri. Pour la période estivale, les cabines ont été implantées de l'autre côté de la grille, directement sur le trottoir (toujours à moins de 5 mètres de l'avenue G.Péri, voir photo).

L'installation de ce site a été retardée de deux jours par rapport au début de la campagne de mesure par tubes passifs pour des raisons de délais de rendez-vous avec EDF.



Site «Péri» en hiver



Site «Péri» en été



Avenue G.Péri

2.5 Paramètres d'influence à prendre en compte

La qualité de l'air en un lieu donné dépend essentiellement de l'intensité d'émissions des sources de polluants provenant ou s'accumulant sur le secteur à étudier et de la capacité locale à disperser ou transformer ces émissions.

Il est donc indispensable dans l'analyse des résultats de tenir compte des sources d'émissions (fixes et mobiles), et de la climatologie.

De plus, pour évaluer le poids des mesures réalisées en terme de santé publique, il est nécessaire de tenir compte de la densité de population.

2.5.1 Climatologie et topographie

Le tracé de la ligne C3 s'étendant entre Lyon et Vaulx-en-Velin sur à peine 12 km, il n'y a pas de différence marquée au niveau topographique entre tous les sites de mesure, si ce n'est la densité de bâti qui est plus importante dans le centre ville lyonnais.

De même, les conditions climatiques influenceront donc pareillement sur toutes les mesures.

2.5.2 Sources d'émissions

Dans cette étude, le trafic automobile est la source principale influant sur les mesures de la qualité de l'air.

Le site « Cabine_Lafayette » est situé sur un des tronçons ayant le trafic moyen journalier annuel (TMJA) le plus important de l'ensemble du tracé, avec pratiquement 20 000 véhicules par jour.

Le site « Cabine_Péri » est situé sur un axe ayant un TMJA d'environ 10 000 véhicules par jour, ce qui représente tout de même un des plus forts trafic sur l'ensemble de la commune de Vaulx-en-Velin.

2.5.3 Population concernée

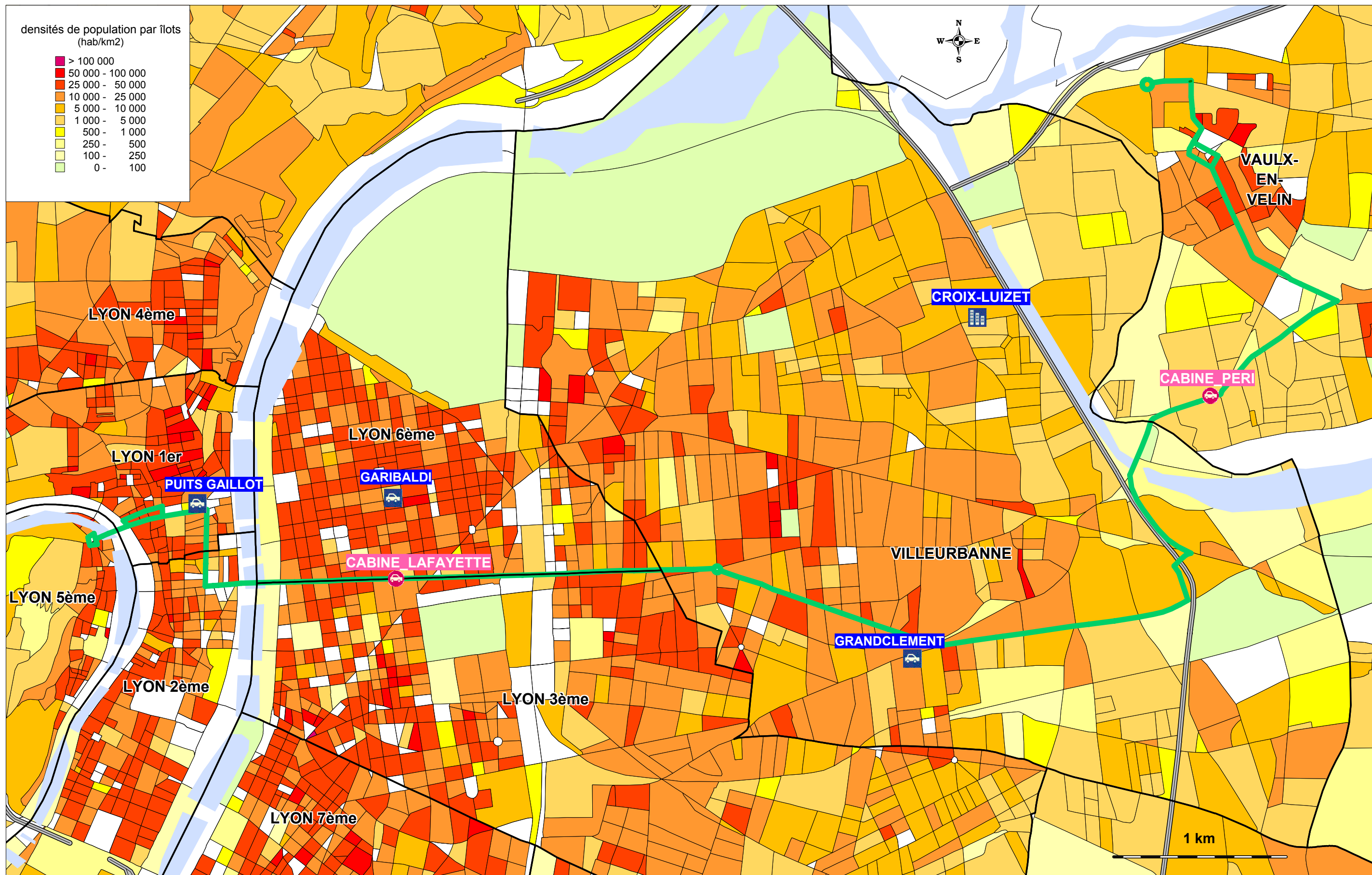
La Ligne Forte C3 traverse plusieurs arrondissements de Lyon, ainsi que les communes de Villeurbanne et Vaulx-en-Velin, dont les densités de population totales sont légèrement inférieures à celle de Lyon (voir carte de présentation du projet p.4).

Cette ligne concerne environ 90 000 habitants à moins de 300 mètres du tracé.

La carte qui suit présente le détail des densités de populations par îlots sur le parcours de la Ligne Forte C3 :

POPULATION CONCERNÉE PAR LE PROJET DE LA LIGNE FORTE C3

ETUDE DE LA QUALITE DE L'AIR SUR LE TRACÉ DE LA LIGNE FORTE C3



- Tracé de la future Ligne Forte C3
- Limite de commune ou d'arrondissement
- Réseau hydrographique
- Périphérique ou Autoroute
- Site fixe trafic
- Site fixe urbain
- Site mobile trafic



Sources :
COPARLY
INSEE - RGP 1999
Geosys Data

Copyright 2003

3 RESULTATS DES MESURES

3.1 Expression des résultats

3.1.1 Interprétation et représentation des mesures

Les résultats de l'étude sont présentés dans cette partie comme suit :

- Présentation et analyse des **conditions météorologiques**,
- Présentation et analyse des résultats des **concentrations mesurées avec les analyseurs automatiques** avec pour chaque polluant, les valeurs mesurées, leurs statistiques et les dépassements de valeurs réglementaires,
- Présentation et analyse des résultats des **concentrations mesurées avec les tubes passifs**.

Il est rappelé que les données des moyens mobiles sont validées selon les mêmes principes que celles des stations fixes de COPARLY. La validation repose sur une analyse des données tenant compte systématiquement des constats de maintenance et de calibrage des capteurs. Elle est complétée par une validation environnementale vérifiant la pertinence et la cohérence des données.

3.1.2 Unités et statistiques employées

Une surveillance de la qualité de l'air vise à mesurer la concentration des polluants gazeux ou particulaires dans l'air ambiant. Cette concentration s'exprime en unité de masse par unité de volume d'air prélevé ramenée aux conditions normales de température et de pression. Les unités les plus couramment utilisées sont le **microgramme par mètre cube ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)**, soit le millionième de gramme par mètre cube.

L'analyse des résultats fait appel à différents paramètres statistiques dépendant des choix faits dans les textes réglementaires et permettant d'appréhender les effets de pointe ou les effets chroniques.

- **Moyenne horaire** = *moyenne arithmétique des valeurs quart-horaires mesurées par l'analyseur*
Une moyenne horaire est valide si au moins 3 valeurs quart-horaires (75%) qui la composent le sont.
- **Moyenne journalière** = *moyenne arithmétique des valeurs horaires de 0 à 23 heures*
Une moyenne journalière est valide si au moins 18 valeurs horaires (75%) le sont.
- **Ecart-type** = *Ecart-type de la moyenne horaire ou journalière*
L'écart-type permet de connaître la façon dont les valeurs fluctuent autour de la moyenne (alternance de pointes de pollution et de valeurs faibles).
- **Percentile 50 (ou médiane)** = *valeur dépassée par exactement 50% des données de la série statistique*
Le percentile 50 est souvent utilisé dans la détermination des valeurs guides ou des valeurs limites.
- **Percentile 98** = *valeur dépassée par seulement 2% des données de la série statistique*
Le percentile 98, comme la valeur maximale, est un indice du taux de pointe de pollution.

3.2 Conditions météorologiques

Les données météorologiques sont issues de la station Météo-France située à Bron, au sud de Lyon.

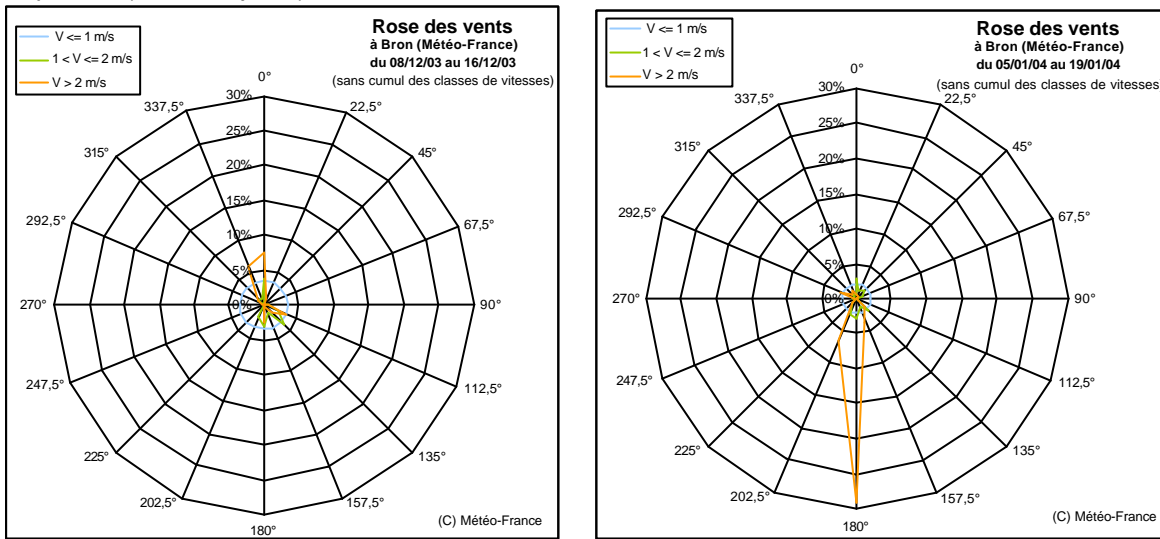
3.2.1 Rose des vents

Le vent, en fonction de son intensité, favorise en générale la dispersion des polluants gazeux.

Les roses des vents sont présentées ci-dessous, avec trois classes de vents (non cumulées) :

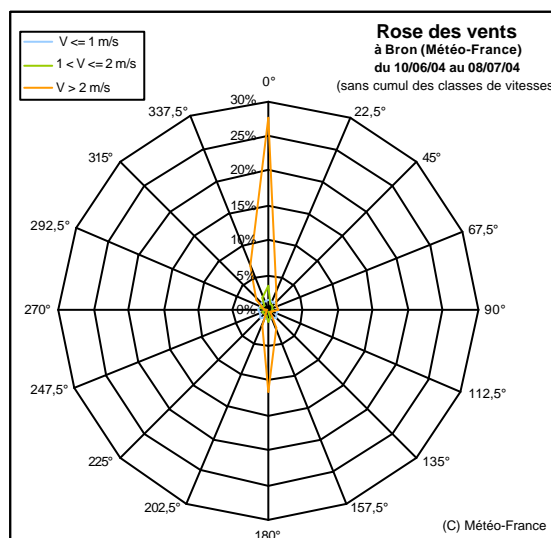
- $V \leq 1 \text{ m.s}^{-1}$ Vents très faibles, propices à l'accumulation des polluants (sans direction privilégiée)
- $1 < V \leq 2 \text{ m.s}^{-1}$ Vents d'intensité moyenne et peu dispersifs
- $V > 2 \text{ m.s}^{-1}$ Vents suffisamment forts pour disperser la plupart des polluants gazeux

☞ Phase hivernale : deux roses de vents ont été calculées pour les deux périodes de mesure par tubes passifs (2 fois 11 jours).



La première campagne (du 08/12/03 au 19/12/03) a connu plutôt une période de vents très faibles, propice à l'accumulation des polluants, et quelques vents forts en provenance du nord. La deuxième campagne (du 05/01/04 au 16/01/04) a été dominée par des vents d'intensité plus forte, provenant très majoritairement du sud (ramenant parfois sur l'agglomération lyonnaise la pollution de la vallée du Rhône).

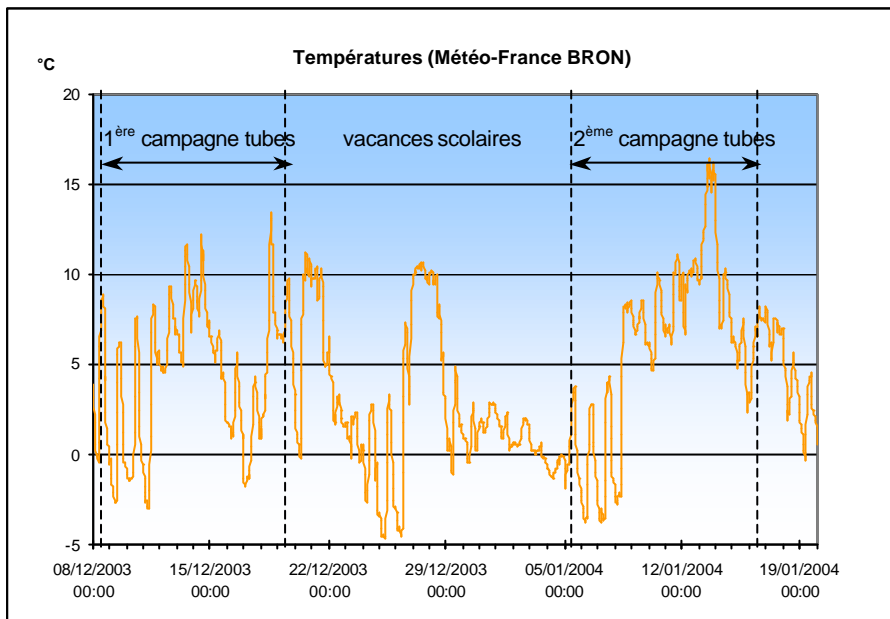
☞ Phase estivale :



La rose des vents calculée pour les mesures en été (du 10/06/04 au 08/07/04) montre que la période a été dominée en majorité par des vents de nord et plutôt dispersifs.

3.2.2 Températures

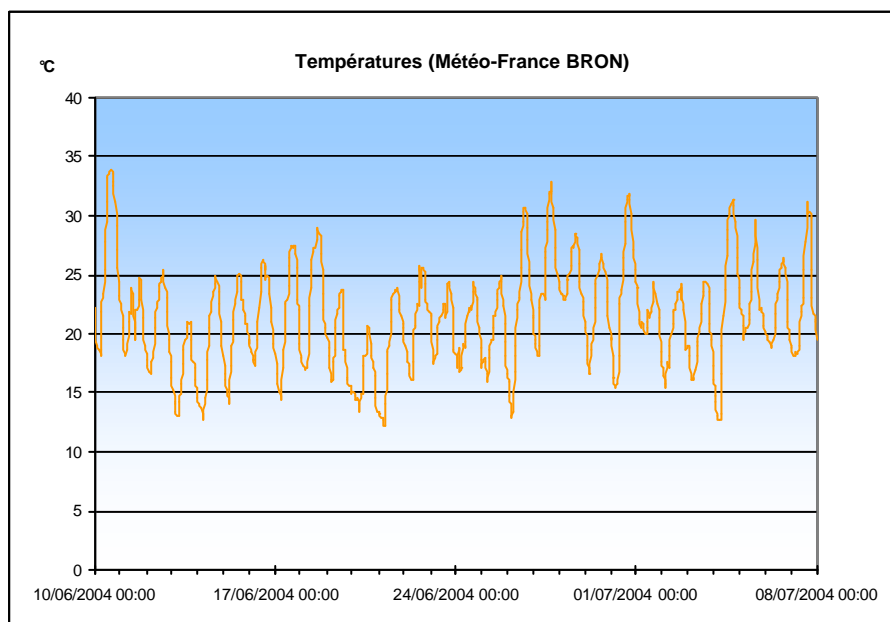
☞ Phase hivernale :



	du 08/12/03 au 19/12/03	du 1 ^{er} au 31 décembre 2003	Normales saisonnnières Décembre ¹	du 05/01/04 au 16/01/04	du 1 ^{er} au 31 janvier 2004	Normales saisonnnières Janvier ¹
Moyenne des températures minimales journalières (°C)	0,9	1,5	0,4	2,6	1,2	-0,4
Moyenne des températures maximales journalières (°C)	8,7	7,7	5,9	8,8	6,5	5,7
Moyenne des températures moyennes journalières (°C)	4,5	4,5	3,2	5,7	3,9	2,6

Les températures durant la première campagne de mesure par tubes passifs sont restées proches des normales saisonnières et plutôt stables. Lors de la deuxième campagne, elles ont été légèrement supérieures aux normales saisonnières, mais sans écart significatif susceptible d'influencer la qualité de l'air.

☞ Phase estivale :



¹ Normales saisonnières calculées sur la même station Météo France à Bron (Rhône), sur 30 ans (entre 1961 et 1991).

	du 10/06/04 au 08/07/04	Normales saisonniers Juin ¹	Normales saisonniers Juillet ¹
Moyenne des températures minimales journalières (°C)	16,2	12,6	15
Moyenne des températures maximales journalières (°C)	27	23,2	26,6
Moyenne des températures moyennes journalières (°C)	21,4	17,9	20,8

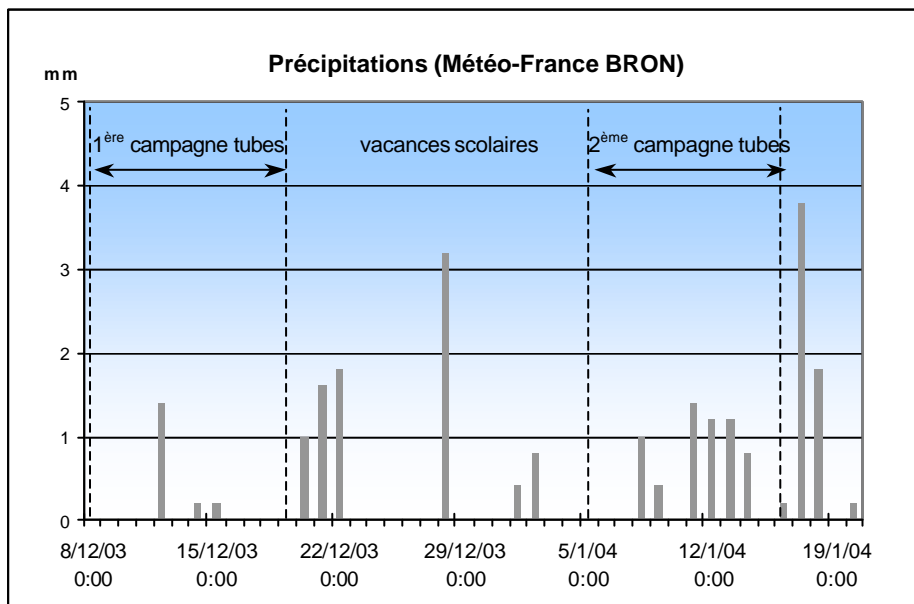
Les températures entre le 10 juin et le 8 juillet 2004 ont été relativement constantes et plutôt chaudes, avec des valeurs proches des normales saisonnières d'un mois de juillet. Le maximum de la période sur le site de « Météo-France Bron » a été enregistré le 10 juin, avec 33,9°C.

Ce début de période estivale est généralement marqué par une hausse des concentrations d'ozone et la baisse des niveaux en oxydes d'azote (photochimie liée à l'ensoleillement).

3.2.3 Précipitations

Les précipitations favorisent le lessivage des polluants dans l'atmosphère (y compris des poussières).

☞ Phase hivernale :

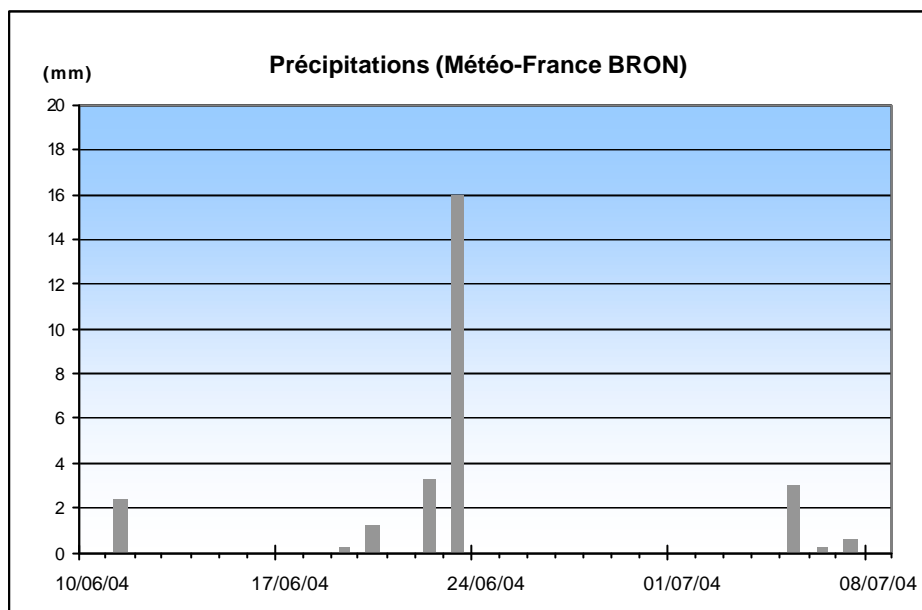


	Du 08/12/03 au 19/12/03	Décembre 2003	Normales saisonniers Décembre ¹	du 05/01/04 au 16/01/04	Janvier 2004	Normales saisonniers Janvier ¹
Cumul des précipitations (en mm)	4,8	137,8	59,2	15,4	64,2	54,1

Les deux périodes de mesure par tubes en hiver ont connu de très faibles précipitations.

A noter par contre que le début du mois de décembre 2003 (avant la première campagne de mesure) a lui connu des précipitations plus forte que la normale saisonnière.

☞ Phase estivale :



	du 10/06/04 au 08/07/04	Normales saisonniers Juin ¹	Normales saisonniers Juillet ¹
Cumul des précipitations (en mm)	35,6	76,6	60,6

Le mois de juin 2004 a été plutôt sec par rapport aux normales saisonnières. La période de mesure n'a connu véritablement qu'un seul jour de pluie, le 23/06/04.

3.2.4 Bilan des conditions météorologiques

Durant la phase hivernale, les deux campagnes de mesure avec des tubes passifs ont connu des conditions météorologiques légèrement différentes vis-à-vis des conditions de vent et de températures, mais avec des effets similaires sur la qualité de l'air. Pendant la première période, les conditions atmosphériques ont été plutôt stables et donc peu propices à la dispersion des polluants. Quant à la deuxième période, elle a connu des vents de sud qui, bien que plus intenses, peuvent de temps en temps ramener vers l'agglomération lyonnaise (sans les disperser totalement) les émissions liées aux activités de la vallée du Rhône (industries et trafic).

La phase estivale a connu un temps plutôt sec et ensoleillé, favorable à la formation de l'ozone à partir des oxydes d'azote et des composés organiques volatiles. Le manque de pluie durant la période de mesure n'a pas favorisé le lessivage des polluants dans l'atmosphère.

3.3 Niveaux de pollution mesurés avec les analyseurs

3.3.1 Les oxydes d'azote (NO et NO₂)

3.3.1.1 Présentation des mesures

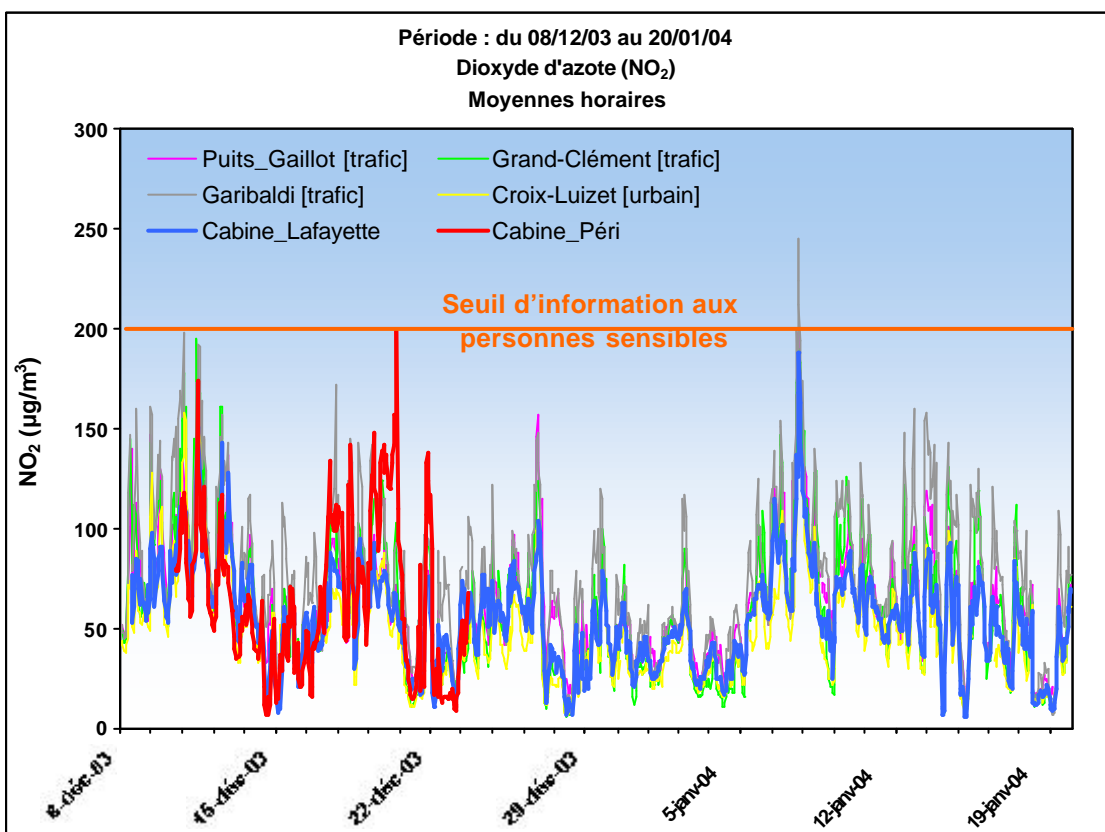
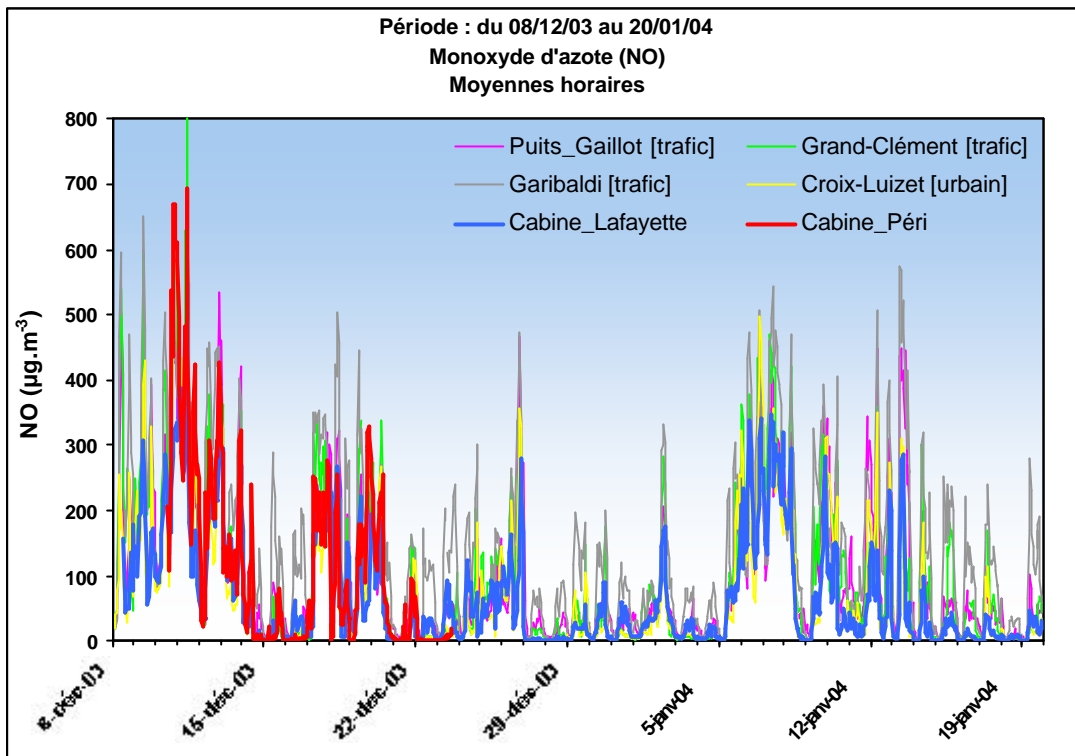
Le monoxyde d'azote est un polluant primaire émis principalement par le trafic automobile (à plus de 70% selon le CITEPA). Les niveaux de ce polluant sont donc directement liés à la proximité des axes de circulation.

Le dioxyde d'azote est lui aussi émis en partie dans les gaz d'échappement, mais il est principalement formé à partir de la transformation du monoxyde d'azote par oxydation avec l'oxygène de l'air.

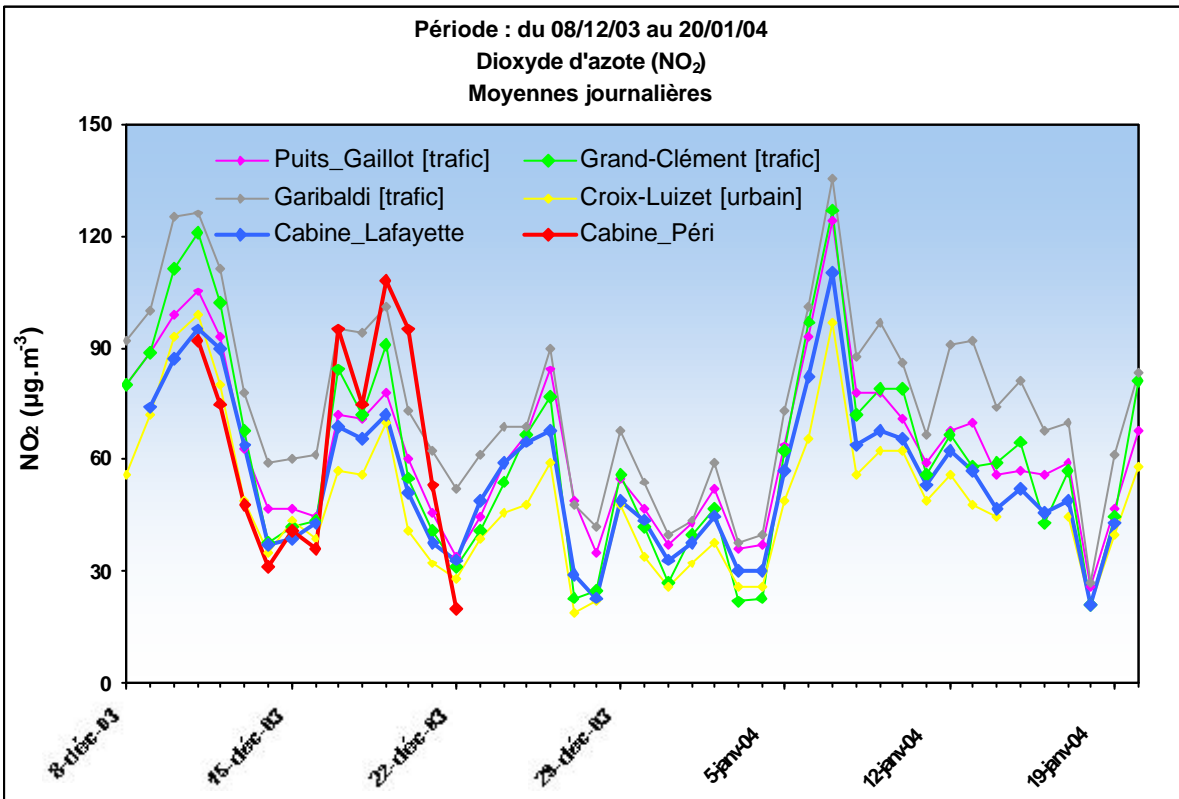
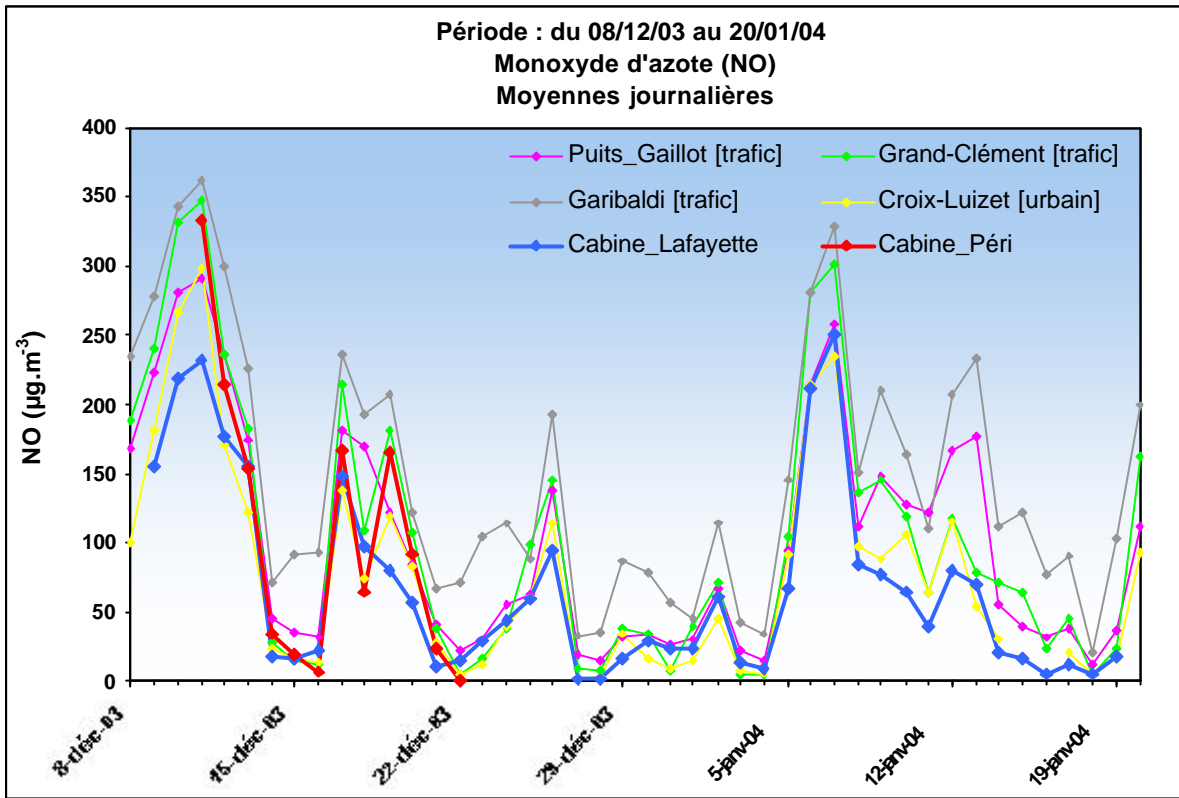
Les concentrations les plus fortes pour ces deux polluants sont mesurées en hiver lorsque les conditions météorologiques sont moins favorables à la dispersion des polluants.

Les mesures sont présentées sur plusieurs périodes à travers les différents graphes et tableaux qui suivent :

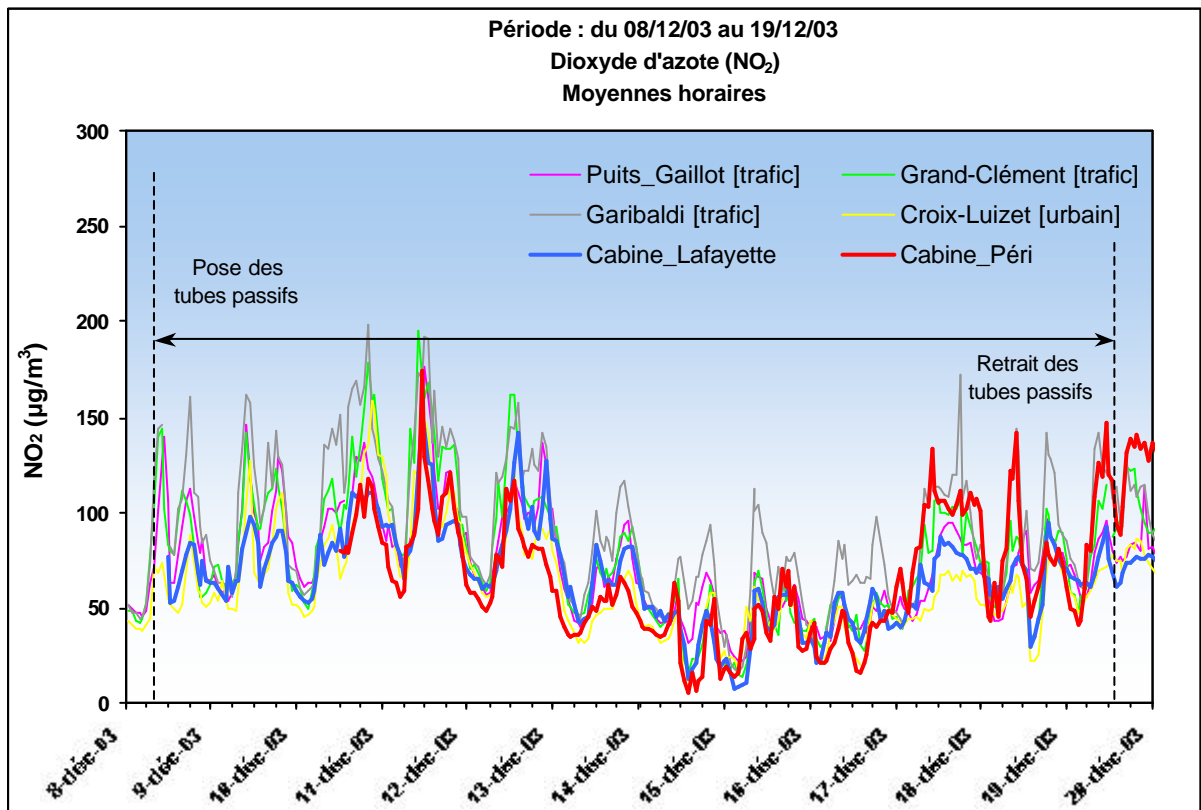
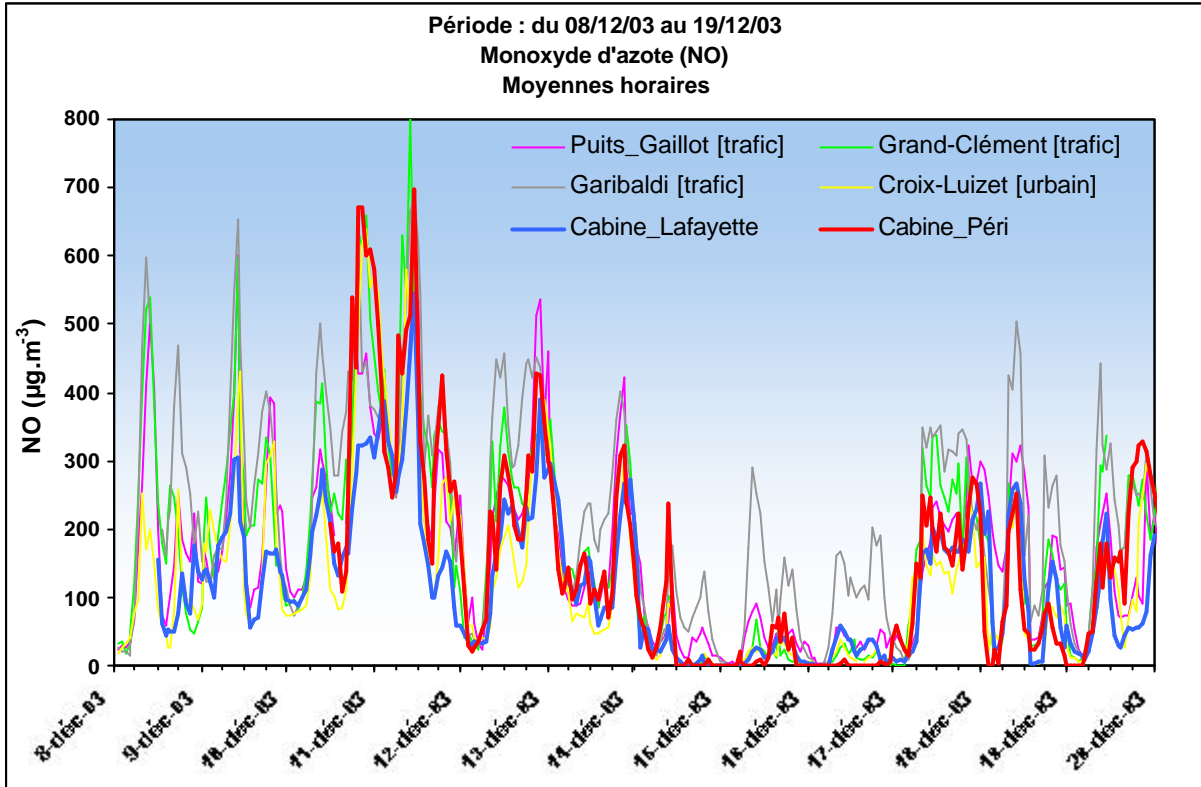
☞ **Vue d'ensemble des mesures sur toute la période hivernale (six semaines) :**



Remarque : l'analyseur d'oxydes d'azote (NO et NO₂) du site « Cabine_Péri » a connu un dysfonctionnement technique pendant les vacances scolaires du 23/12/03 au 06/01/04 et toute la plage de données entre les deux dates de maintenance a dû être invalidée. Après le 06/01/04, aucune panne technique n'a été véritablement constatée, mais la validation environnementale de second niveau, par comparaison à la première campagne et aux autres sites de mesure, a montré qu'il subsistait une dérive ou un dysfonctionnement de l'appareil (notamment sur la voie de mesure du NO₂). Les données ont donc été invalidées et ce, jusqu'à la fin de la deuxième campagne.

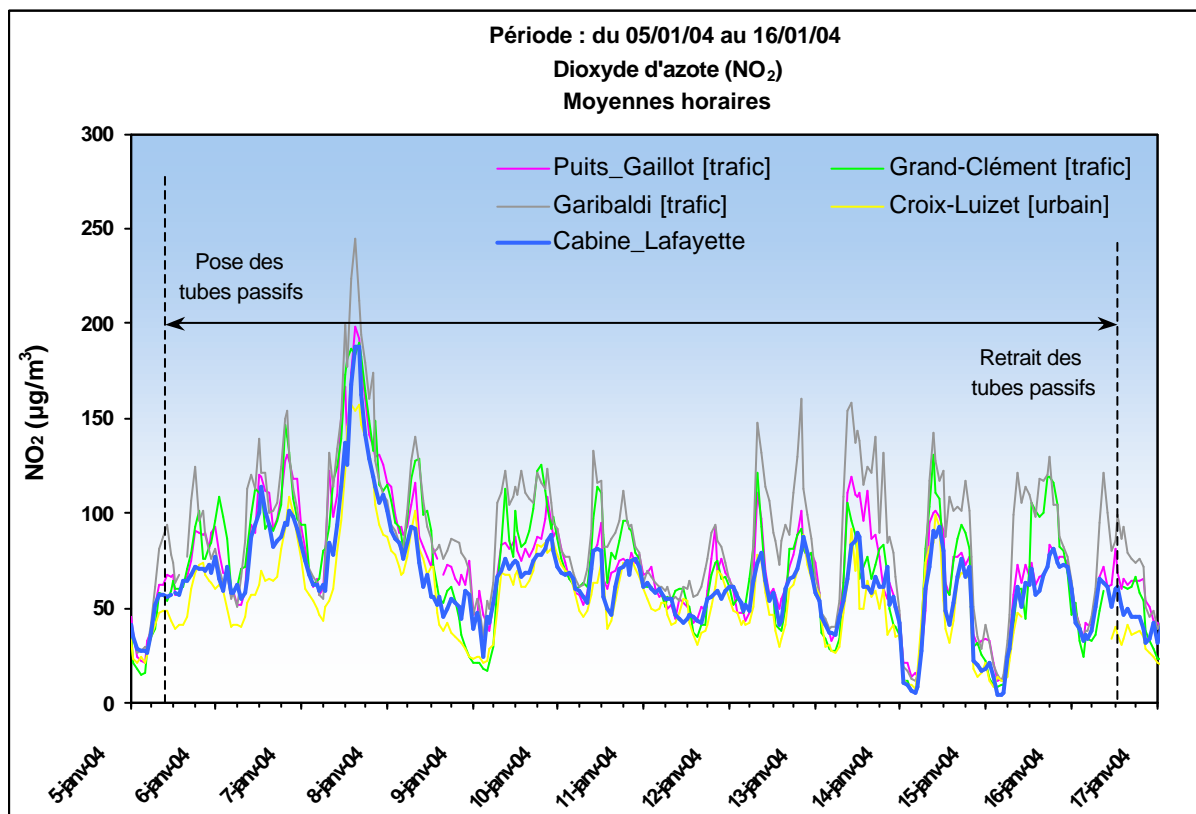
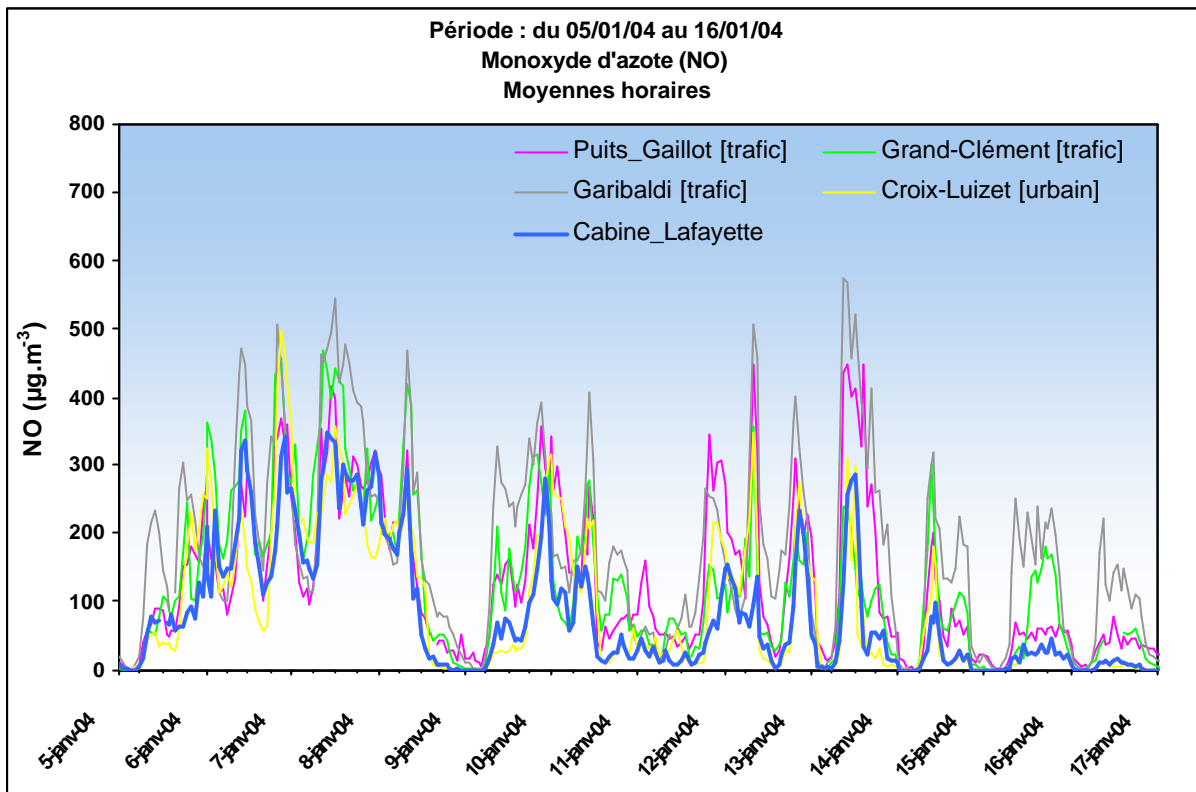


☞ Zoom sur la première campagne de mesure par tubes passifs (du 8 au 19 décembre 2003) :

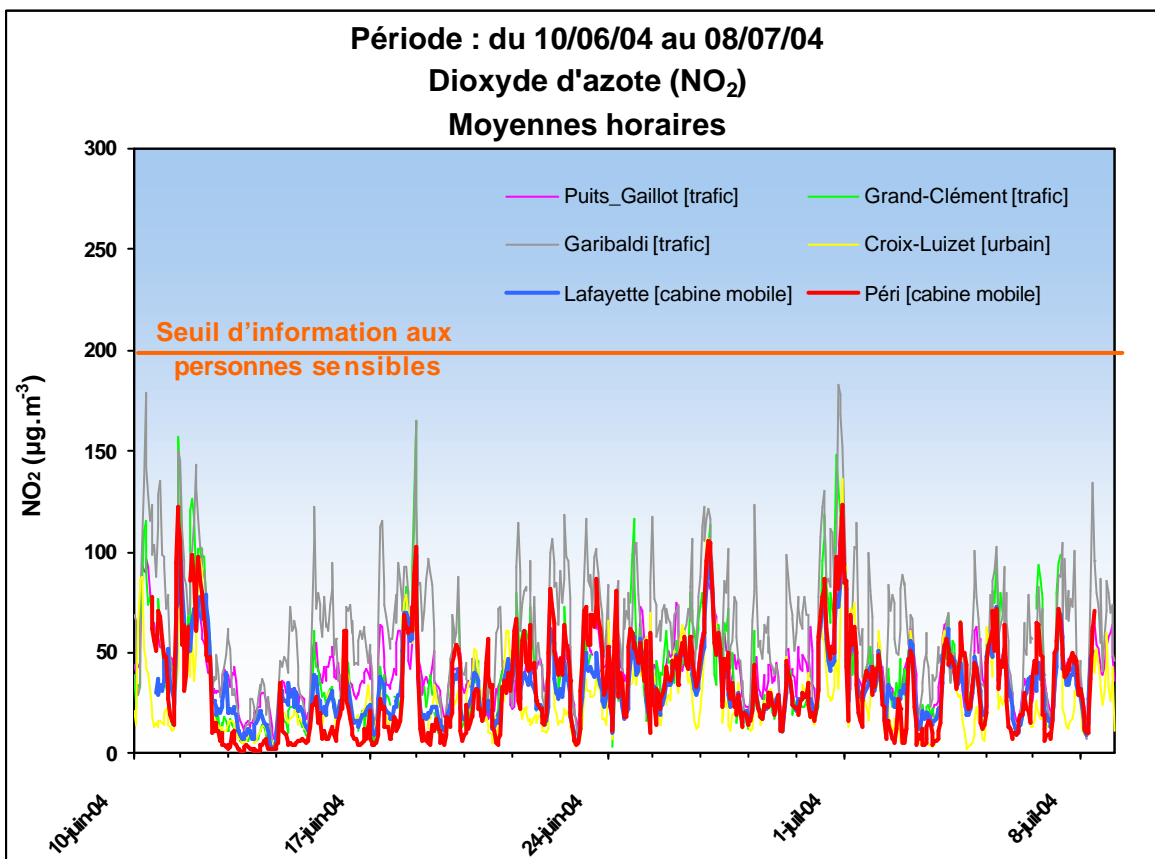
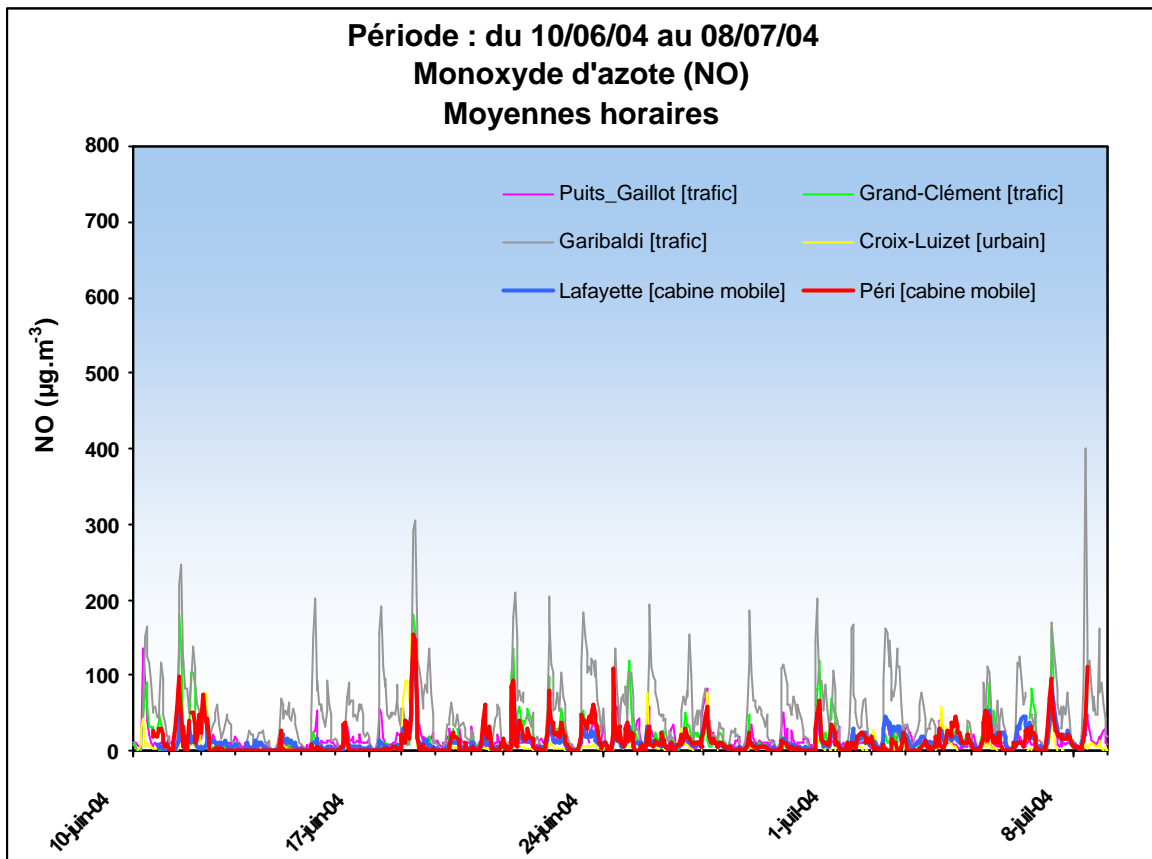


Remarque : l'installation du site « Cabine_Lafayette » a été faite en même temps que le début de la première campagne de mesure avec les tubes passifs. Celle du site « Cabine_Péri » a été retardée de deux jours pour des raisons de délais avec les services techniques de EDF.

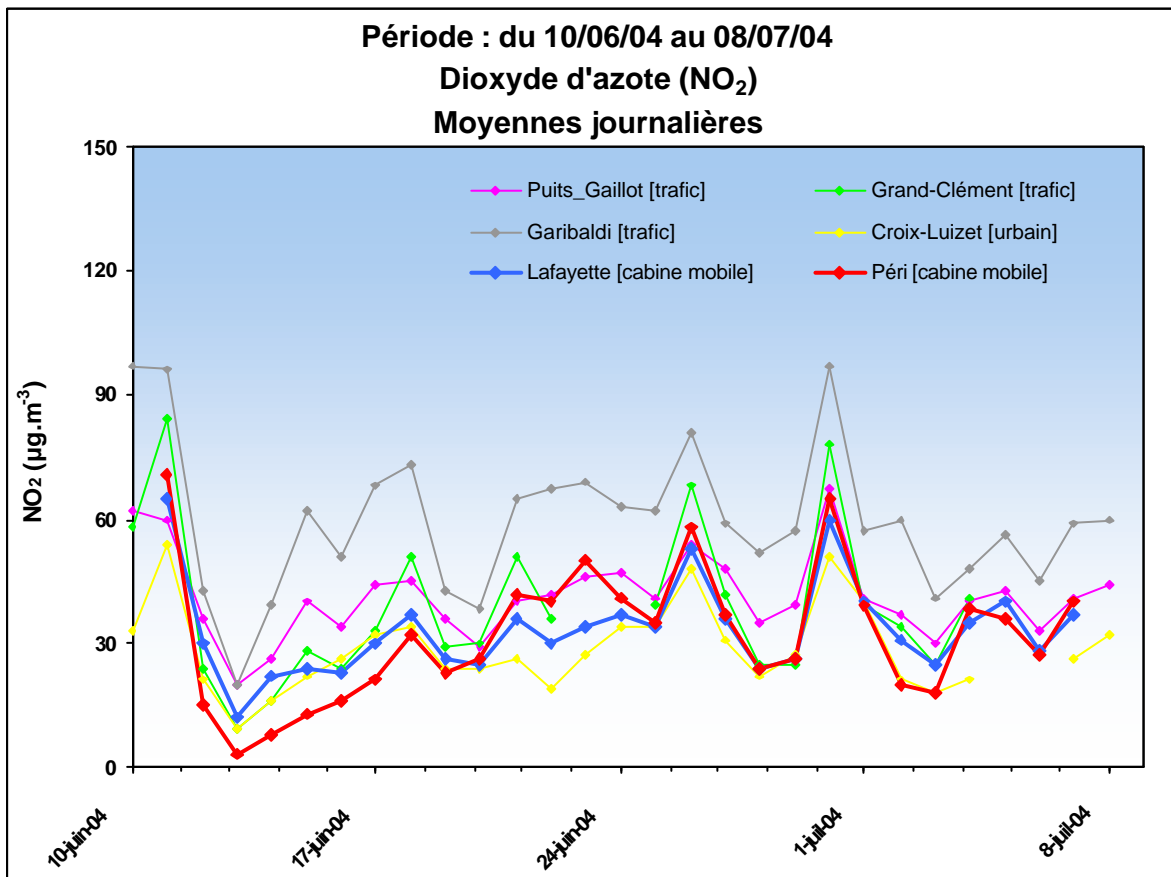
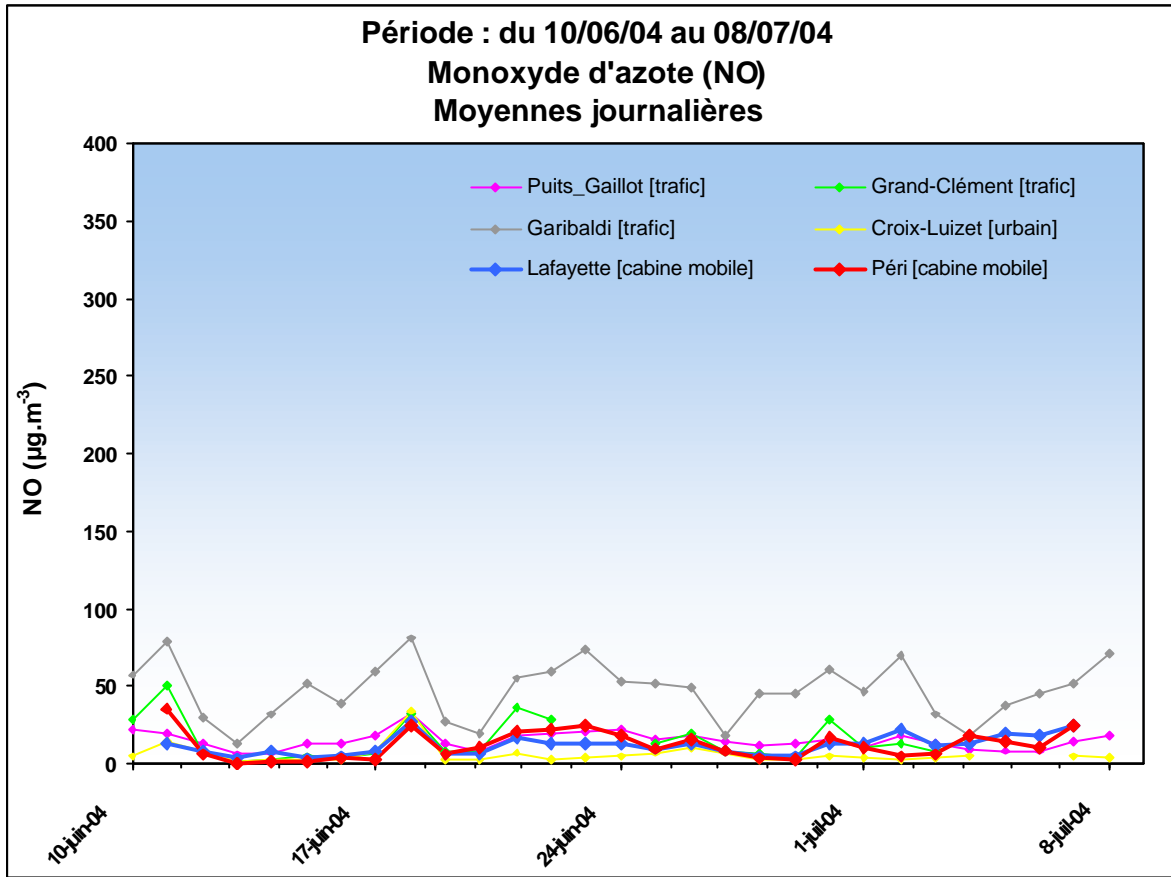
Zoom sur la deuxième campagne de mesure par tubes passifs (du 5 au 16 janvier 2004) :



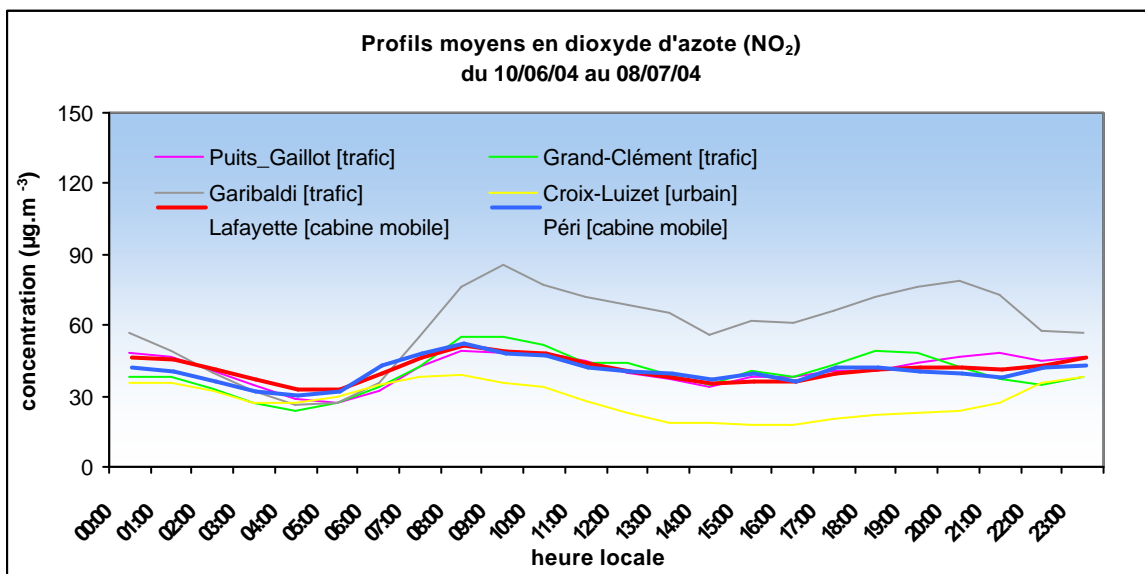
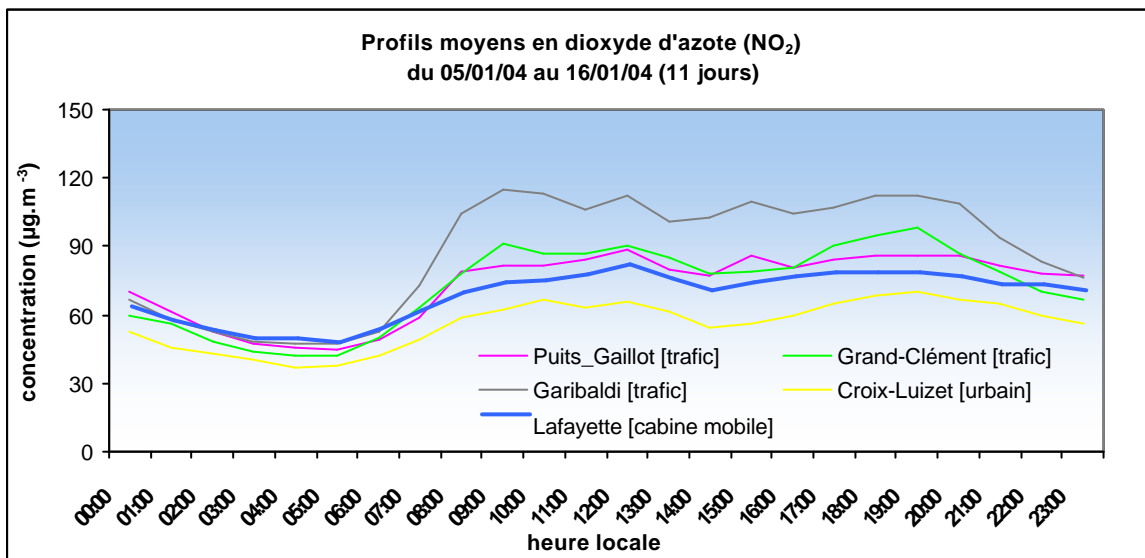
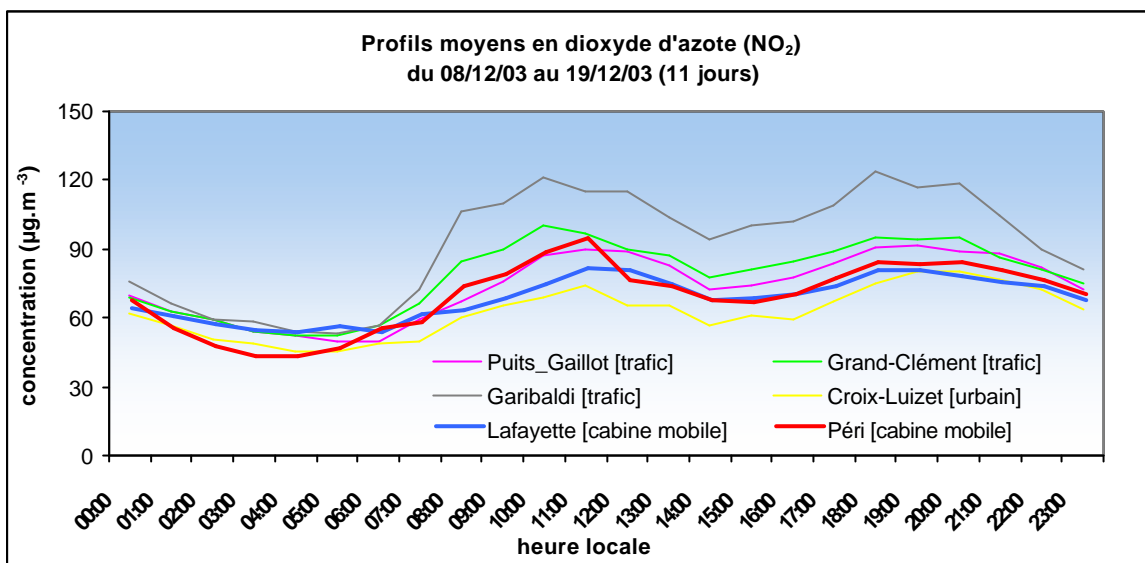
☞ **Vue d'ensemble des mesures sur la période estivale (quatre semaines) :**



Remarque : les concentrations en hiver et en été sont présentées avec la même échelle pour faciliter la comparaison.



☞ Profils moyens calculés à partir des moyennes horaires en dioxyde d'azote :



☞ Principales valeurs statistiques horaires et journalières pour le NO :

Statistiques pour le NO sur la période hivernale en $\mu\text{g.m}^{-3}$: du 08/12/03 au 20/01/04 (6 semaines)						
Site	Lafayette	Péri	Puits-Gaillot	Grand-Clément	Garibaldi	Croix-Luizet
Typologie	[cabine mobile]	[cabine mobile]	[trafic]	[trafic]	[trafic]	[urbain]
Percentile 98 horaire	310	*	409	422	476	366
Médiane (Percentile 50) horaire	29	*	49	47	111	23
Minimum horaire	0	*	1	0	1	0
Maximum horaire	545	*	599	801	687	640
Minimum journalier	1	*	12	4	20	2
Maximum journalier	250	*	292	348	362	298
Moyenne sur la période	68	*	100	101	146	75
Moyenne du 08/12/03 au 19/12/03 (11 jours)	121	140 **	163	169	219	126
Moyenne du 05/01/04 au 16/01/04 (11 jours)	88	*	137	135	187	108
Moyenne sur l'Année 2003	-	-	45	45	87	35

Coefficients de corrélation pour le NO sur la période hivernale						
(calculé sur la base des données horaires)	Lafayette	Péri	Puits-Gaillot	Grand-Clément	Garibaldi	Croix-Luizet
	[cabine mobile]	[cabine mobile]	[trafic]	[trafic]	[trafic]	[urbain]
Lafayette		*	0,88	0,88	0,81	0,87
Péri	*		*	*	*	*
Puits-Gaillot	0,88	*		0,86	0,87	0,87
Grand-Clément	0,88	*	0,86		0,86	0,88
Garibaldi	0,81	*	0,87	0,86		0,76
Croix-Luizet	0,87	*	0,87	0,88	0,76	

Statistiques pour le NO sur la période estivale en $\mu\text{g.m}^{-3}$: du 10/06/04 au 08/07/04 (4 semaines)						
Site	Lafayette	Péri	Puits-Gaillot	Grand-Clément	Garibaldi	Croix-Luizet
Typologie	[cabine mobile]	[cabine mobile]	[trafic]	[trafic]	[trafic]	[urbain]
Percentile 98 horaire	50	67	58	104	176	63
Médiane (Percentile 50) horaire	8	4	11	8	35	2
Minimum horaire	0	0	0	0	0	0
Maximum horaire	134	153	147	182	400	151
Minimum journalier	4	0	6	1	13	1
Maximum journalier	27	35	33	50	81	34
Moyenne sur la période	12	12	15	17	47	6
Moyenne sur l'Année 2003	-	-	45	45	87	35

Coefficients de corrélation pour le NO sur la période estivale						
(calculé sur la base des données horaires)	Lafayette	Péri	Puits-Gaillot	Grand-Clément	Garibaldi	Croix-Luizet
	[cabine mobile]	[cabine mobile]	[trafic]	[trafic]	[trafic]	[urbain]
Lafayette		0,75	0,71	0,78	0,63	0,61
Péri	0,75		0,60	0,85	0,52	0,52
Puits-Gaillot	0,71	0,60		0,57	0,60	0,57
Grand-Clément	0,78	0,85	0,57		0,65	0,42
Garibaldi	0,63	0,52	0,60	0,65		0,25
Croix-Luizet	0,61	0,52	0,57	0,42	0,25	

Remarques :

* Suite à l'invalidation des données sur le site « Cabine-Péri » du 23/12/03 au 20/01/04 (voir remarque p.32) le taux de fonctionnement de l'analyseur d'oxydes d'azote (NO et NO₂) sur la totalité de la période (du 08/12/03 au 20/01/04) est inférieur à 75%. Le calcul des statistiques n'a donc pas été validé.

** La moyenne du 08/12/03 au 19/12/03 est valide car le taux de fonctionnement de l'analyseur est supérieur à 75% pour cette période.

☞ Principales valeurs statistiques horaires et journalières pour le NO₂ :

Statistiques pour le NO ₂ sur la période hivernale en µg.m ⁻³ : du 08/12/03 au 20/01/04 (6 semaines)						
Site	Lafayette	Péri	Puits-Gaillot	Grand-Clément	Garibaldi	Croix-Luizet
Typologie	[cabine mobile]	[cabine mobile]	[trafic]	[trafic]	[trafic]	[urbain]
Percentile 98 horaire	113	*	132	146	160	120
Médiane (Percentile 50) horaire	55	*	58	56	70	45
Minimum horaire	5	*	12	5	7	7
Maximum horaire	188	*	198	195	245	158
Minimum journalier	21	*	26	21	27	19
Maximum journalier	110	*	124	127	135	99
Moyenne sur la période	55	*	62	60	75	49
Moyenne du 08/12/03 au 19/12/03 (11 jours)	67	65 **	73	77	92	62
Moyenne du 05/01/04 au 16/01/04 (11 jours)	65	*	75	75	90	58
Moyenne sur l'Année 2003	-	-	57	50	71	42

Coefficients de corrélation pour le NO ₂ sur la période hivernale						
(calculé sur la base des données horaires)	Lafayette	Péri	Puits-Gaillot	Grand-Clément	Garibaldi	Croix-Luizet
	[cabine mobile]	[cabine mobile]	[trafic]	[trafic]	[trafic]	[urbain]
Lafayette		*	0,93	0,92	0,89	0,92
Péri	*		*	*	*	*
Puits-Gaillot	0,93	*		0,91	0,91	0,90
Grand-Clément	0,92	*	0,91		0,90	0,94
Garibaldi	0,89	*	0,91	0,90		0,87
Croix-Luizet	0,92	*	0,90	0,94	0,87	

Statistiques pour le NO ₂ sur la période estivale en µg.m ⁻³ : du 10/06/04 au 08/07/04 (4 semaines)						
Site	Lafayette	Péri	Puits-Gaillot	Grand-Clément	Garibaldi	Croix-Luizet
Typologie	[cabine mobile]	[cabine mobile]	[trafic]	[trafic]	[trafic]	[urbain]
Percentile 98 horaire	80	93	83	116	130	82
Médiane (Percentile 50) horaire	29	27	40	32	57	23
Minimum horaire	2	0	8	3	4	2
Maximum horaire	112	124	118	165	183	136
Minimum journalier	12	3	20	9	20	9
Maximum journalier	65	71	67	84	97	54
Moyenne sur la période	33	32	41	40	60	28
Moyenne sur l'Année 2003	-	-	57	50	71	42

Coefficients de corrélation pour le NO ₂ sur la période estivale						
(calculés sur la base des données horaires)	Lafayette	Péri	Puits-Gaillot	Grand-Clément	Garibaldi	Croix-Luizet
	[cabine mobile]	[cabine mobile]	[trafic]	[trafic]	[trafic]	[urbain]
Lafayette		0,89	0,85	0,88	0,72	0,86
Péri	0,89		0,76	0,89	0,67	0,72
Puits-Gaillot	0,85	0,76		0,76	0,80	0,69
Grand-Clément	0,88	0,89	0,76		0,76	0,66
Garibaldi	0,72	0,67	0,80	0,76		0,50
Croix-Luizet	0,86	0,72	0,69	0,66	0,50	

(Remarques * et ** : voir page précédente)

3.3.1.2 Analyse des résultats

☞ Phase hivernale :

Les valeurs des concentrations en oxydes d'azote (NO et NO₂) mesurées sur l'ensemble des sites trafic retenus pour cette étude ne présentent pas de différences très marquées. Les sites semblent en effet tous subir l'influence du trafic automobile de l'agglomération lyonnaise dans son ensemble plutôt que celui en particulier de l'axe à proximité duquel ils sont placés. Cette remarque est confirmée par les valeurs des coefficients de corrélation.

La moyenne la plus élevée est enregistrée sur le site fixe « Garibaldi », qui enregistre en effet tous les jours des valeurs plus élevées que sur les autres sites de type trafic. Ceci s'explique en grande partie par le trafic important sur les axes de la rue Garibaldi (qui relie Lyon du nord au sud) et du cours Vitton/F.Roosevelt (qui relie Villeurbanne et Lyon d'est en ouest), dont l'influence est amplifiée par la présence de feux tricolores (variations des régimes moteurs).

Le site de fond urbain « Croix-Luizet » enregistre des moyennes en NO₂ et en NO parmi les plus basses, mais sans pour autant être trop éloignées des moyennes des sites trafic.

Parmi les quatre stations situées sur le trajet de la Ligne Forte C3, il semble que les deux sites mobiles enregistrent des moyennes équivalentes (voire légèrement inférieures) aux deux sites fixes « Puits-Gaillot » et « Grand-Clément ». En ce qui concerne le site « Péri », cette tendance sur seulement deux semaines de mesure est confirmée par les résultats de la phase estivale.

Les mêmes remarques peuvent être faites en observant les profils moyens horaires, qui montrent de plus la corrélation des émissions en oxyde d'azote avec les heures de trafic.

Il est également important de remarquer que les moyennes enregistrées pendant les deux périodes de 11 jours (campagnes de mesure avec les tubes passifs) sont nettement plus élevées que les moyennes annuelles (d'un facteur environ 1,5 pour le NO₂ et pratiquement 3 pour le NO), ce qui peut être lié aux conditions météorologiques et qui montre les limites d'une comparaison des valeurs réglementaires avec des moyennes calculées sur des durées aussi courtes (voir plus loin : estimation de la moyenne annuelle).

☞ Phase estivale :

Durant l'été, les niveaux en oxydes d'azote sont beaucoup plus faibles car, sous l'action du rayonnement solaire, ils subissent rapidement des transformations et entrent (avec les Composés Organiques Volatils) dans les processus complexes de formation de l'ozone. Ceci est beaucoup plus visible pour le NO car il est transformé en NO₂ autant la journée (par oxydation avec l'oxygène de l'air) que la nuit (processus de destruction de l'ozone).

Les mesures estivales confirment que les niveaux en oxyde d'azote sont relativement homogènes sur l'ensemble du trajet de la future « Ligne Forte C3 », sur des sites de proximité trafic et ceci, y compris sur la commune de Vaulx-en-Velin avec une population pourtant moins dense que le centre-ville de Lyon. Le site de « Garibaldi » enregistre toujours les niveaux les plus élevés et le site urbain de fond « Croix-Luizet » les plus bas.

☞ Rapport NO/NO₂ :

Le rapport annuel NO/NO₂ des moyennes des concentrations exprimées en ppb (partie par milliard) permet de qualifier un site de mesure vis-à-vis du trafic. En effet, le monoxyde d'azote (NO), polluant primaire émis par les véhicules à moteur thermique se transforme dans un second temps en dioxyde d'azote (NO₂). Cette formation en dioxyde d'azote se réalise plus ou moins rapidement selon les conditions météorologiques. Un rapport annuel supérieur ou égale à 2 traduit une présence majoritaire de monoxyde d'azote (NO) et donc une influence directe du trafic automobile.

A titre indicatif, les rapports mesurés avec les analyseurs sont présentés dans le tableau suivant. Ils ont été calculés à partir des concentrations moyennes (exprimées en ppb¹) sur différentes périodes.

¹ ppb (partie par milliard) : unité exprimant une concentration dans un rapport volumique (µg.m³ = unité pour un rapport massique).
Pour info : 1 ppb [NO] = 1,25 µg.m³ ; 1 ppb [NO₂] = 1,91 µg.m³ (à T° ambiante et P= 1 atm.).

Rapport [NO]/[NO ₂] (rapport des concentrations en ppb)	Lafayette	Péri	Puits-Gaillot	Grand-Clément	Garibaldi	Croix-Luizet
	[cabine mobile]	[cabine mobile]	[trafic]	[trafic]	[trafic]	[urbain]
du 08/12/03 au 20/01/04 (hiver > 6 sem.)	1,9	*	2,4	2,6	3,0	2,4
du 08/12/03 au 19/12/03 (hiver > 11 jours)	2,8	3,3	3,4	3,3	3,7	3,1
du 05/01/04 au 16/01/04 (hiver > 11 jours)	2,1	*	2,8	2,8	3,2	2,8
Du 10/06/04 au 08/07/04 (été > 4 sem.)	0,6	0,6	0,6	0,6	1,2	0,3
Année 2003			1,2	1,4	1,9	1,3

Ce tableau montre que pendant la période hivernale, tous les sites ont bien subi l'influence du trafic automobile, y compris le site urbain de fond «Croix-Luizet ». A noter que le site «Cabine_Lafayette » enregistre un rapport légèrement inférieur aux autres sites, ce qui peut être lié à sa configuration (situé dans une cour, séparé de la chaussée par un muret,...)

Les rapports calculés sur la période estivale et sur l'année 2003 (pour les sites fixes) sont par contre beaucoup plus faibles, ce qui peut s'expliquer par plusieurs paramètres :

- > en période hivernale la transformation du NO en NO₂ est moins active dû au faible rayonnement solaire.
- > la période hivernale est plus propice à l'accumulation des polluants primaires.
- > en période estivale, les oxydes d'azote participent activement aux processus photochimique de formation d'ozone et les concentrations mesurées par un analyseur peuvent varier rapidement en fonction des conditions climatiques et du trafic.
- > mais surtout parce qu'il est difficile de comparer des moyennes calculées sur des périodes courtes avec des périodes aussi longues et contrastées qu'une année (voir plus loin : estimation de la moyenne annuelle).

3.3.1.3 Dépassement des valeurs réglementaires

Pour rappel, il n'existe pas de réglementation concernant le monoxyde d'azote (NO) dans l'air ambiant.

Pour le dioxyde d'azote (NO₂), le tableau ci-dessous présente les valeurs réglementaires à respecter et les dépassements observés durant les deux phases de mesure :

DECRET FRANÇAIS 2002-213 du 15 février 2002										
Valeurs réglementaires pour le dioxyde d'azote (NO ₂)										
Dépassements observés sur la période hivernale :					du 08/12/03 au 20/01/04 (6 semaines)					
Type de seuil	Valeur à respecter (en µg.m ⁻³)	Base de calcul	Année D'application	Remarques	Lafayette	Péri	Puits-Gaillot	Grand-Clément	Garibaldi	Croix-Luizet
					[cabine mobile]	[cabine mobile]	[trafic]	[trafic]	[trafic]	[urbain]
Seuil d'information	200	Moyenne horaire	1999	sur 1h (voir arrêté préfectoral)	0	*	0	0	3	0
Nombre de jours d'activation de la procédure d'information pour le NO ₂					0					
Seuil d'alerte	400	Moyenne horaire	1999	sur 1h (voir arrêté préfectoral)	0	*	0	0	0	0
Nombre de jours d'activation de la procédure d'alerte pour le NO ₂					0					

* Taux de fonctionnement de l'analyseur < 75% sur la période (voir remarque p.32)

Dépassements observés sur la période estivale :					du 10/06/04 au 08/07/04 (4 semaines)					
Type de seuil	Valeur à respecter (en $\mu\text{g.m}^{-3}$)	Base de calcul	Année d'application	Remarques	Lafayette	Péri	Puits-Gaillot	Grand-Clément	Garibaldi	Croix-Luizet
					[cabine mobile]	[cabine mobile]	[trafic]	[trafic]	[trafic]	[urbain]
Seuil d'information	200	Moyenne horaire	1999	sur 1h (voir arrêté préfectoral)	0	0	0	0	0	0
Nombre de jours d'activation de la procédure d'information pour le NO ₂					0					
Seuil d'alerte	400	Moyenne horaire	1999	sur 1h (voir arrêté préfectoral)	0	0	0	0	0	0
Nombre de jours d'activation de la procédure d'alerte pour le NO ₂					0					

L'objectif de qualité de l'air et la valeur limite annuelle ont été dépassés sur la période de mesure hivernale pour tous les sites. Le seuil de $200 \mu\text{g.m}^{-3}$ en NO₂ n'a été dépassé qu'une seule journée lors de la période hivernale sur la station fixe « Garibaldi », de typologie trafic (mesure représentative de la pollution maximale). A noter que la procédure d'information et de recommandation aux personnes sensibles n'a pas été déclenchée ce jour là car toutes les conditions de l'arrêté préfectoral en vigueur à cette date n'étaient pas remplies (notamment le dépassement sur au moins une station urbaine de fond).

Durant l'été, avec des niveaux plus faibles, seuls deux sites de typologie trafic sont concernés par des dépassements, concernant la comparaison de la moyenne sur la période avec la moyenne annuelle. A noter cependant qu'en moyenne annuelle sur 2003, cette valeur limite ($48 \mu\text{g.m}^{-3}$ autorisés en 2006 et $40 \mu\text{g.m}^{-3}$ en 2010) est dépassée sur tous les sites fixes considérés dans cette étude, y compris le site urbain de fond « Croix-Luizet » ($42 \mu\text{g.m}^{-3}$).

☞ Estimation de la moyenne annuelle :

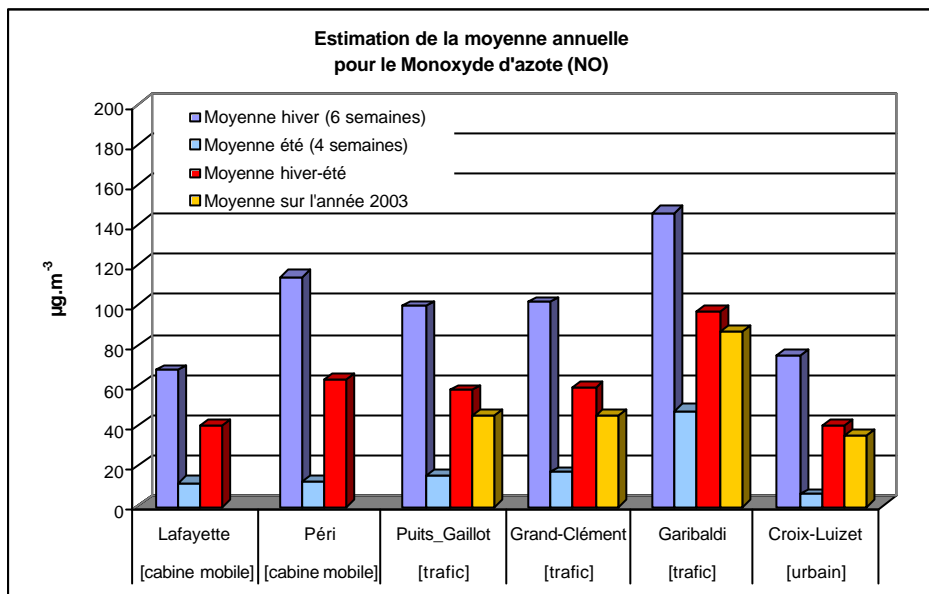
En raison de la forte variabilité de la qualité de l'air dans l'espace, mais aussi dans le temps (le comportement des polluants atmosphériques locaux est fortement lié aux conditions climatiques), les mesures devraient être **également réparties dans l'année avec un minimum de 8 semaines de mesures** (directive européenne du 22 avril 1999) pour être considérées comme représentatives de la qualité de l'air d'un site donné et permettre une comparaison avec les normes en vigueur.

Les deux séries de mesures réalisées sur deux périodes aussi contrastées que l'hiver et l'été et sur un total de dix semaines (19% d'une année) permettent d'estimer une moyenne comparable à la moyenne annuelle. Les graphes et tableaux suivants présentent les différentes moyennes calculées et leur variations par rapport à la moyenne annuelle réellement mesurée (sur les sites fixes) :

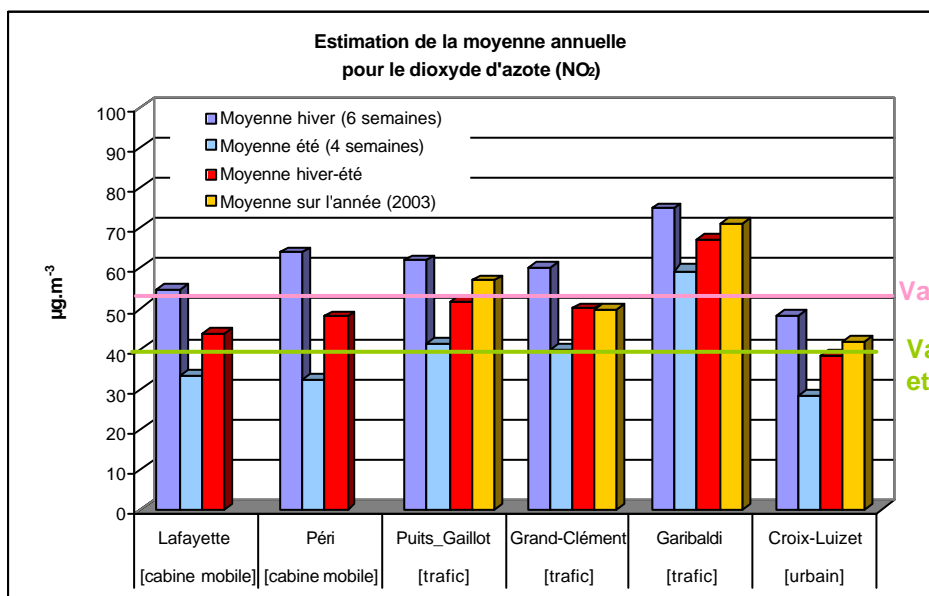
Estimation de la moyenne annuelle pour le NO (en $\mu\text{g.m}^{-3}$)						
Typologie	[cabine mobile]	[cabine mobile]	[trafic]	[trafic]	[trafic]	[urbain]
Station	Lafayette	Péri	Puits_Gaillot	Grand-Clément	Garibaldi	Croix-Luizet
Moyenne hiver (6 semaines)	68	(114) *	100	101	146	75
Moyenne été (4 semaines)	12	12	15	17	47	6
Moyenne hiver-été (estimation moyenne annuelle)	40	- **	57	59	97	40
Moyenne réelle sur l'année 2003	-	-	45	45	87	35
Ecart de l'estimation % moy. 2003	-	-	28%	31%	11%	16%
Ecart de la moy. hiver % moy. 2003	-	-	121%	125%	68%	115%
Ecart de la moy. été % moy. 2003	-	-	-66%	-62%	-46%	-84%

* Moyenne sur deux semaines uniquement : du 08/12/03 au 23/12/03 (suite données invalidées, voir plus haut)

** Les 6 semaines de mesures du NO et du NO₂ ne permettent pas le calcul d'une estimation de la moyenne annuelle.



Estimation de la moyenne annuelle pour le NO ₂ (en µg.m ⁻³)						
Typologie	[cabine mobile]	[cabine mobile]	[trafic]	[trafic]	[trafic]	[urbain]
Station	Lafayette	Péri	Puits_Gaillot	Grand-Clément	Garibaldi	Croix-Luizet
Moyenne hiver (6 semaines)	55	(65)*	62	60	75	49
Moyenne été (4 semaines)	33	32	41	40	60	28
Moyenne hiver-été (estimation moyenne annuelle)	44	-**	52	50	67	38
Moyenne réelle sur l'année 2003	-	-	57	50	71	42
Ecart de l'estimation % moy. 2003	-	-	-9%	0%	-5%	-8%
Ecart de la moy. hiver % moy. 2003	-	-	9%	21%	6%	15%
Ecart de la moy. été % moy. 2003	-	-	-27%	-20%	-16%	-32%



Même si les écarts de niveaux entre les deux périodes sont importants, la moyenne hiver-été semble être un bon indicateur pour l'estimation de la moyenne annuelle. Ainsi, il est possible d'estimer que sur l'ensemble du trajet de la « Ligne Forte C3 », avec l'infrastructure existante en 2003, les niveaux en dioxyde d'azote (NO₂) se situent en-dessous de la valeur limite calculée avec les marges de dépassement autorisées en 2003 (54 µg.m⁻³), mais au-dessus de la valeur limite à respecter en 2010 (40 µg.m⁻³).

3.3.2 Les poussières en suspension (PM₁₀)

3.3.2.1 Présentation des mesures

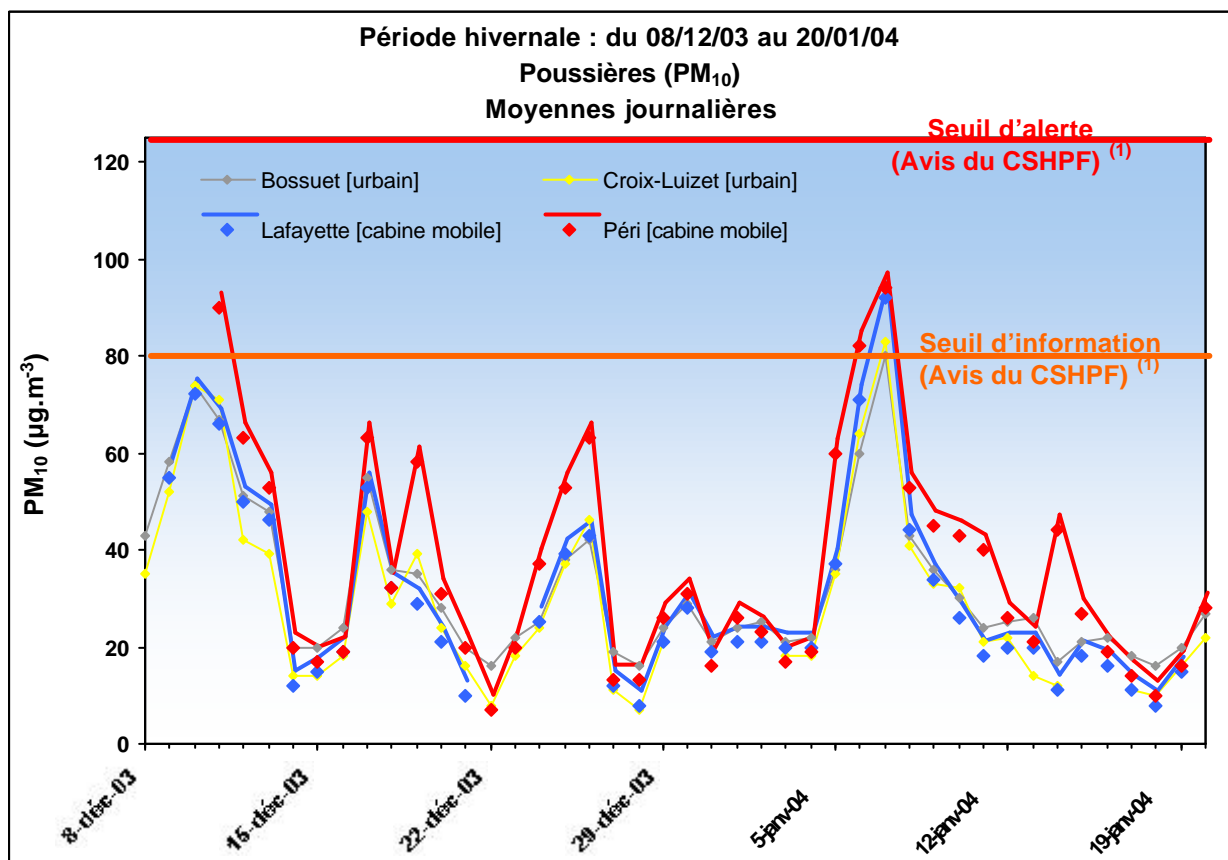
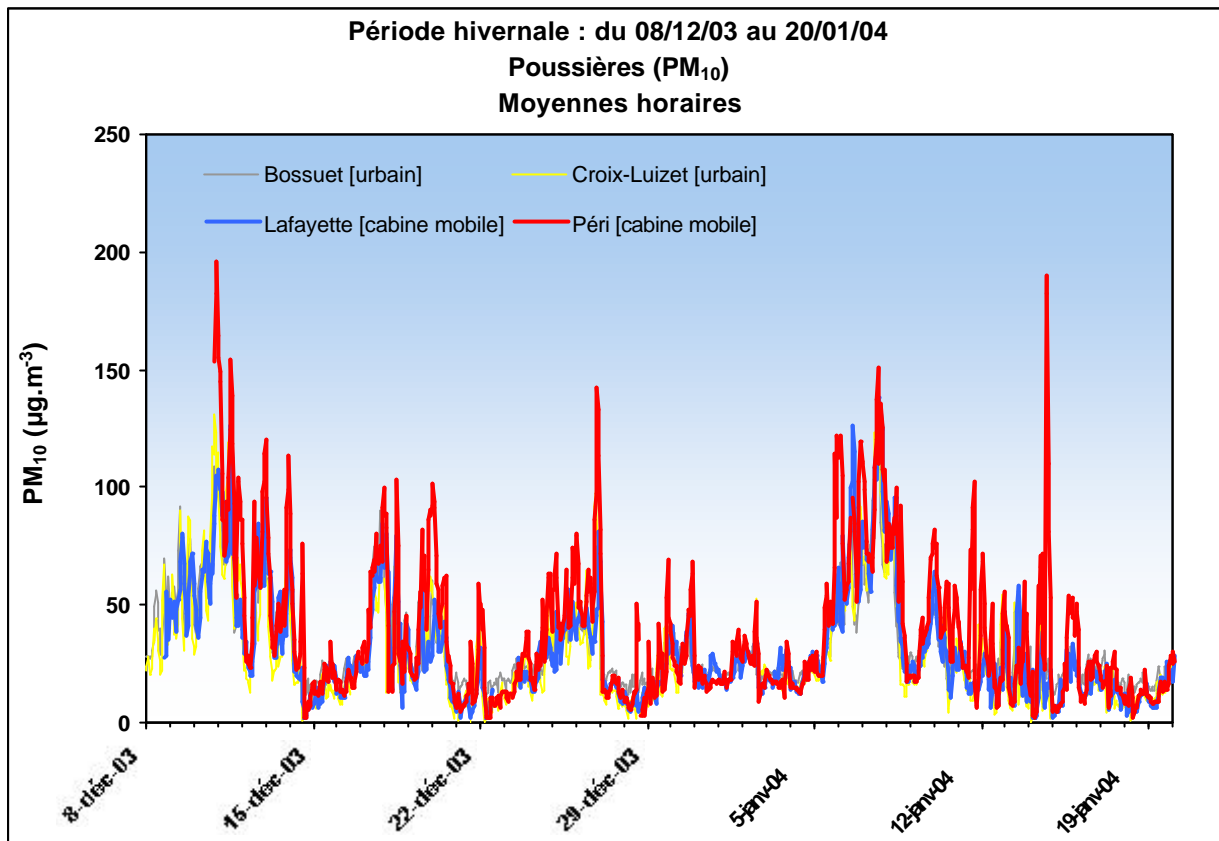
Les poussières en suspension peuvent provenir de certains procédés industriels et du chauffage domestique en hiver, mais elles sont majoritairement issues du trafic automobile près des voiries (particules diesel, usures de pièces mécaniques et des pneumatiques,...).

Les poussières dites « PM₁₀ » sont des particules de diamètre dynamique inférieur à 10 µm (10 millième de millimètre), taille à partir de laquelle elles pénètrent dans les fines ramifications de l'appareil respiratoire et peuvent devenir irritantes.

Comme pour les oxydes d'azote, les concentrations les plus importantes en poussières sont généralement mesurées en hiver lorsque les conditions météorologiques sont peu favorables à la dispersion des polluants.

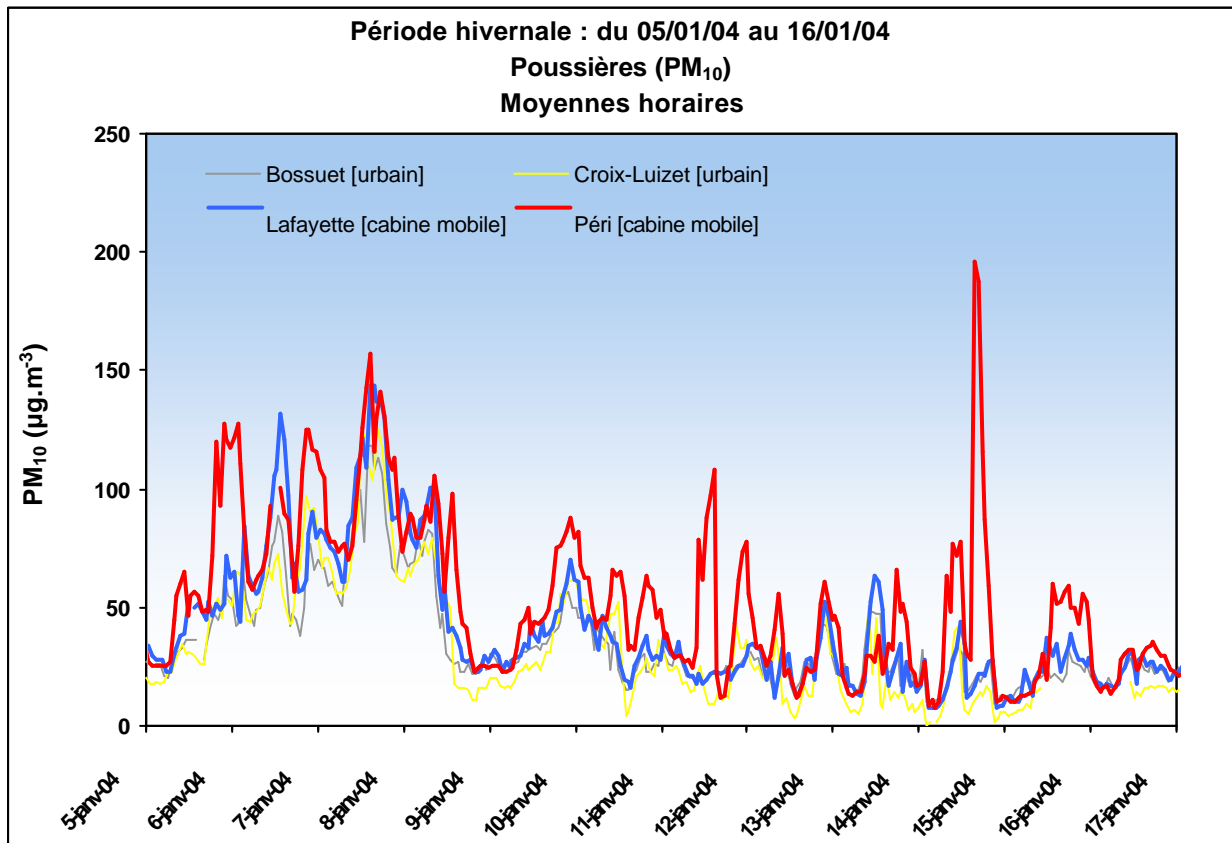
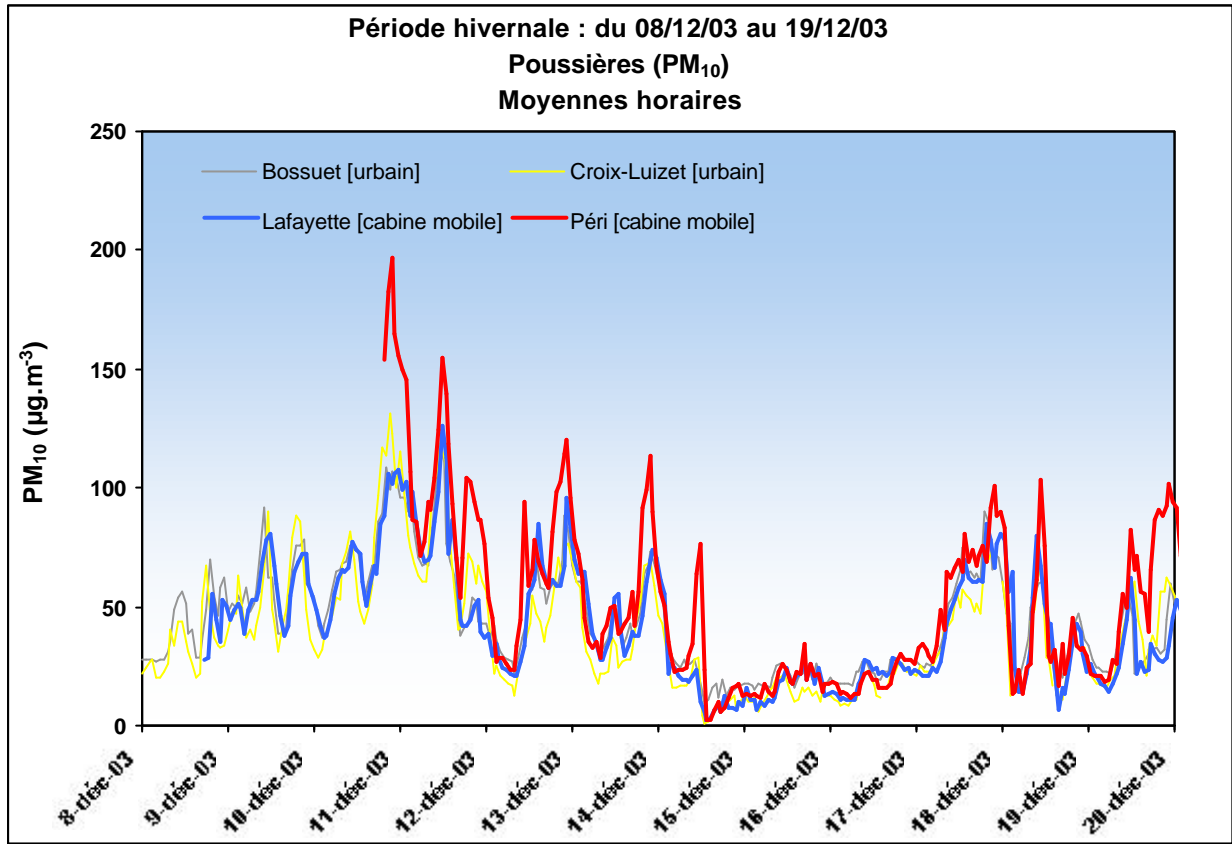
Les mesures sont présentées dans les pages qui suivent à travers différents graphes et tableaux :

☞ **Vue d'ensemble des mesures sur toute la période hivernale (six semaines) :**

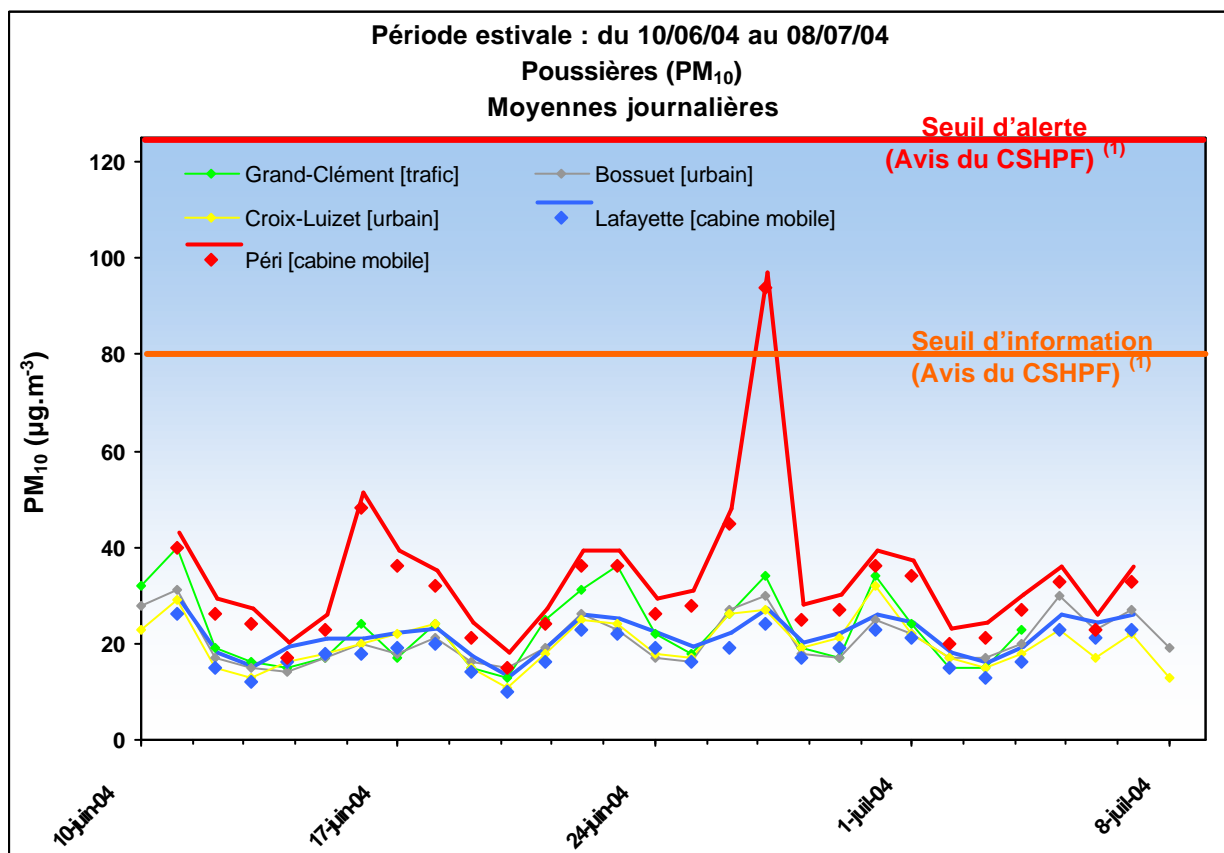
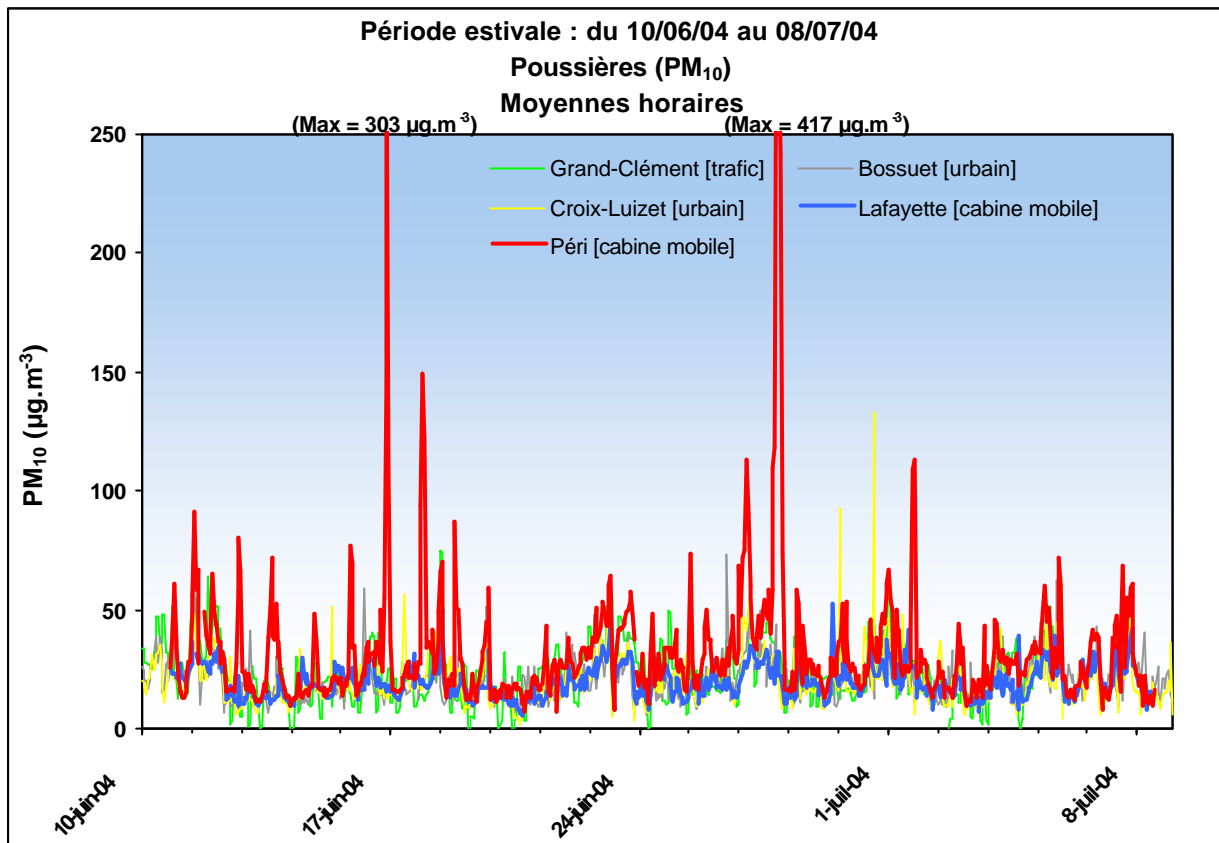


(1) Seuils de recommandation sur avis du CSHPF (Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France). Voir Réglementation p.11.

🔍 Zoom sur les deux campagnes de mesure par tubes passifs :

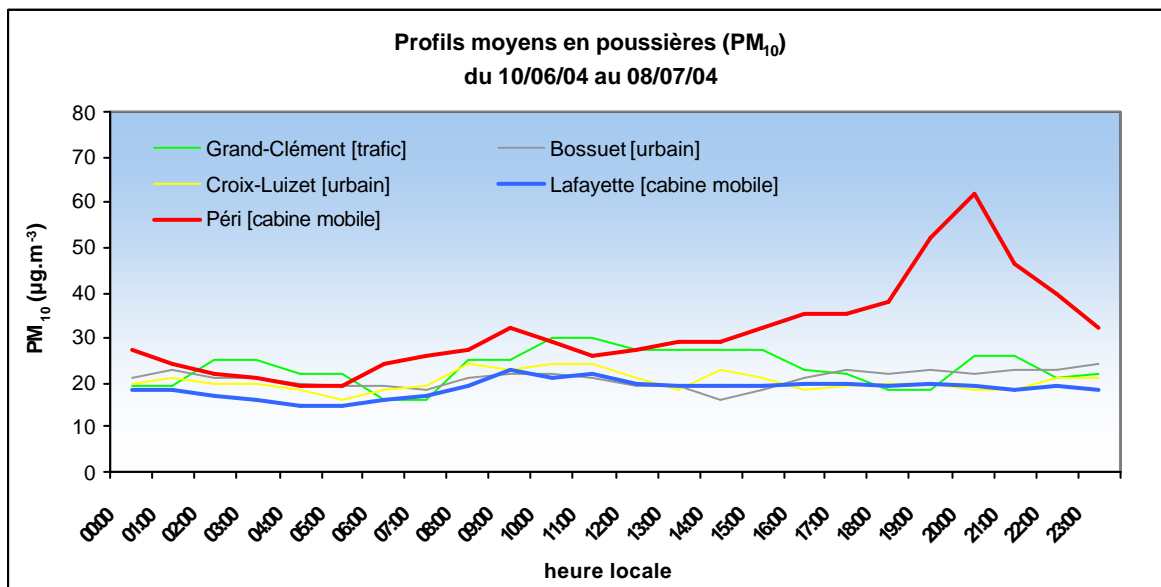
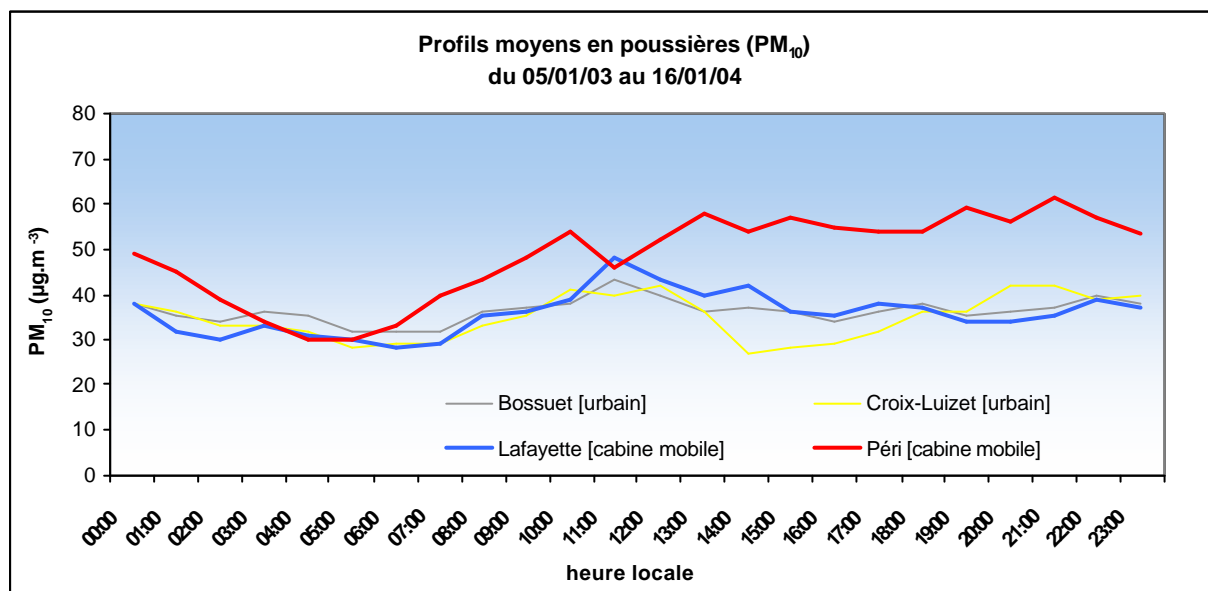
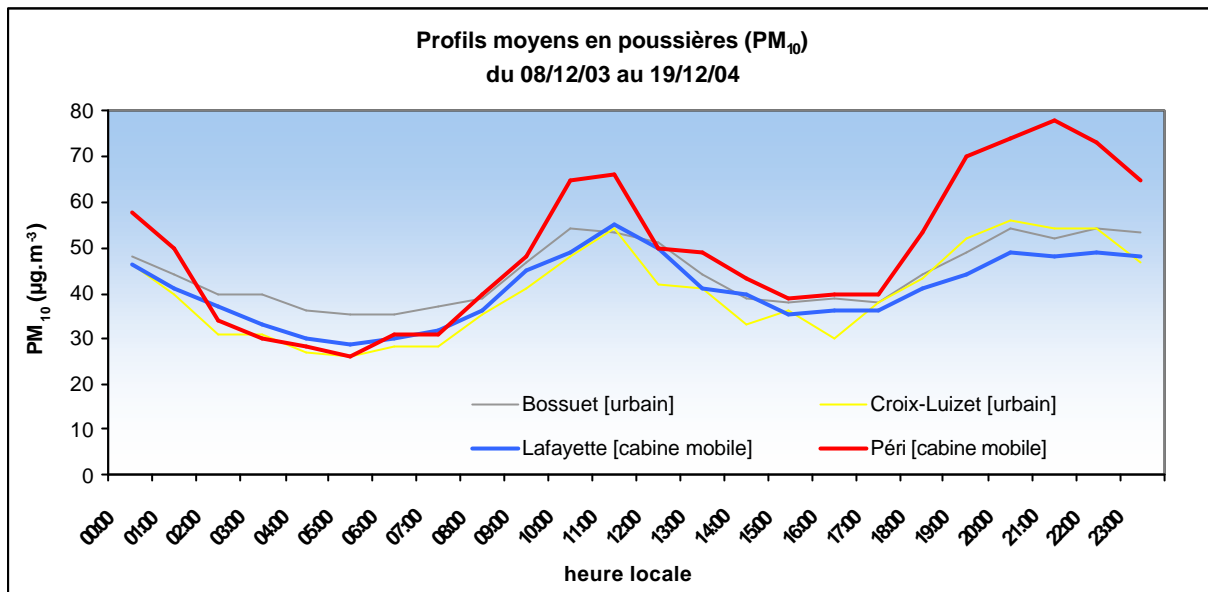


☞ **Vue d'ensemble des mesures sur la période estivale (quatre semaines) :**



⁽¹⁾ Seuils de recommandation sur avis du CSHPF (Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France). Voir Réglementation p.11.

☞ Profils moyens calculés à partir des moyennes horaires en poussières (PM₁₀) :



☞ Principales valeurs statistiques horaires et journalières pour les poussières (PM₁₀) :

Statistiques des PM ₁₀ sur la période hivernale en µg.m ⁻³ : du 08/12/03 au 20/01/04 (6 semaines)				
Site	Lafayette	Péri	Bossuet	Croix-Luizet
Typologie	[cabine mobile]	[cabine mobile]	[urbain]	[urbain]
Percentile 98 horaire	98	121	89	98
Médiane (Percentile 50) horaire	22	25	26	22
Minimum horaire	0	1	9	0
Maximum horaire	137	195	118	131
Minimum journalier	8	7	16	7
Maximum journalier	92	94	80	83
Max de la moyenne mobile sur 24h	97	176	87	91
Moyenne sur la période	30	36	33	30
Moyenne sur l'Année 2003	-	-	28	25

Coefficients de corrélation pour les PM ₁₀ sur la période hivernale				
(calculés sur la base de données horaires)	Lafayette	Péri	Bossuet	Croix-Luizet
	[cabine mobile]	[cabine mobile]	[urbain]	[urbain]
Lafayette		0,81	0,97	0,91
Péri	0,81		0,82	0,89
Bossuet	0,97	0,82		0,92
Croix-Luizet	0,91	0,89	0,92	

Statistiques des PM ₁₀ sur la période estivale en µg.m ⁻³ : du 10/06/04 au 08/07/04 (4 semaines)					
Site	Lafayette	Péri	Grand-Clément	Bossuet	Croix-Luizet
Typologie	[cabine mobile]	[cabine mobile]	[trafic] *	[urbain]	[urbain]
Percentile 98 horaire	35	105	54	48	46
Médiane (Percentile 50) horaire	17	24	21	19	18
Minimum horaire	4	6	0	6	2
Maximum horaire	51	417	75	73	133
Minimum journalier	10	15	13	14	11
Maximum journalier	26	94	40	31	32
Max de la moyenne mobile sur 24h	27	101	44	34	34
Moyenne sur la période	19	31	23	21	20
Moyenne sur l'Année 2003	-	-	*	28	25

Coefficients de corrélation pour les PM ₁₀ sur la période estivale					
(calculés sur la base de données horaires)	Lafayette	Péri	Grand-Clément	Bossuet	Croix-Luizet
	[cabine mobile]	[cabine mobile]	[trafic] *	[urbain]	[urbain]
Lafayette		0,32	0,49	0,65	0,64
Péri	0,32		0,21	0,30	0,28
Grand-Clément	0,49	0,21		0,40	0,43
Bossuet	0,65	0,30	0,40		0,55
Croix-Luizet	0,64	0,28	0,43	0,55	

* Le site Grand-Clément a été équipé de mesures de poussières PM₁₀ à partir de janvier 2004.

3.3.2.2 Analyse des résultats

Même si cela est moins marqué que pour les oxydes d'azote, les niveaux en poussières PM₁₀ (également polluants primaires) sont moins élevés en période estivale qu'en période hivernale. Mais que ce soit en hiver ou en été, les concentrations moyennes sont sensiblement équivalentes sur tous les sites de mesure, quelle que soit leur typologie. En effet, la problématique des poussières se situe en général plus à l'échelle globale de l'agglomération que simplement au niveau de la proximité des voies de circulation.

A noter que sur le site « Péri », à Vaulx-en-Velin, des valeurs horaires plus élevées que sur les autres sites ont été enregistrées, autant en hiver qu'en été. Durant la phase hivernale, ce site était implanté sur une aire servant aux livraisons du magasin propriétaire des lieux, avec notamment la présence d'un camion diesel, qui a pu être responsable de certains pics observés. Pour la phase estivale, le site a été déplacé de quelques mètres afin d'éviter la mesure de la pollution pouvant être liée aux livraisons. Néanmoins, des pics encore plus élevés ont été de nouveau observés. En s'informant auprès du service des sports de la mairie, il s'est avéré que les fortes hausses de concentrations mesurées durant cette phase correspondent parfaitement avec les périodes d'activités sportives (matches de foot,...) ayant eu lieu sur le stade Ladoumègue situé juste derrière les cabines de mesure et provoquant la remise en suspension de poussières dans l'air. Ces pics correspondant à des niveaux horaires réellement mesurés n'ont bien sûr pas été invalidés, mais il est à retenir que les statistiques et la moyenne calculées sur ce site ne sont pas forcément représentatives des mesures de poussières sur l'ensemble du tracé de la « Ligne Forte C3 » sur la commune de Vaulx-en-Velin (surestimation).

Les émissions de poussières n'étant pas liées qu'au trafic automobile (secteurs industriel et résidentiel, remise en suspension des poussières au sol,...), les profils moyens ne reflètent pas aussi fortement les pics liés à la circulation du matin et du soir que les oxydes d'azote.

Enfin, l'apparente mauvaise corrélation des mesures entre les différents sites en période estivale peut s'expliquer par des valeurs en moyenne plus faibles et des profils moins contrastés : les variations sont moins marquées et les minimum et maximum de la journée ne sont donc pas obligatoirement observés sur tous les sites au même moment.

3.3.2.3 Dépassement de valeurs réglementaires

Le tableau ci-dessous présente les valeurs réglementaires à respecter pour les poussières (PM₁₀) et les dépassements observés durant les deux phases de mesure :

DECRET FRANÇAIS 2002-213 du 15 février 2002								
Valeurs réglementaires pour les poussières (PM ₁₀)								
Dépassements observés sur la période hivernale : du 08/12/03 au 20/01/04 (6 semaines)								
Type de seuil	Valeur à respecter (en µg.m ⁻³)	Base de calcul	Année d'application	Remarques	Lafayette	Péri	Bossuet	Croix-Luizet
					[cabine mobile]	[cabine mobile]	[urbain]	[urbain]
Seuil d'information	80	Moyenne mobile sur 24h	1996	Recommandations sur avis du CSHPF ¹	34	84	30	35
Nombre de jours concernés par le dépassement du seuil d'information du CSHPF					3	6	3	3
Seuil d'alerte	125	Moyenne mobile sur 24h	1996	Recommandations sur avis du CSHPF	0	14	0	0
Nombre de jours concernés par le dépassement du seuil d'alerte du CSHPF					0	2	0	0

¹ CSHPF : Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France.

Dépassements observés sur la période estivale : du 10/06/04 au 08/07/04 (4 semaines)									
Type de seuil	Valeur à respecter (en $\mu\text{g.m}^{-3}$)	Base de calcul	Année d'application	Remarques	Lafayette	Péri	Grand-Clément	Bossuet	Croix-Luizet
					[cabine mobile]	[cabine mobile]	[trafic]	[urbain]	[urbain]
Seuil d'information	80	Moyenne mobile sur 24h	1996	Recommandations sur avis du CSHPF	0	22	0	0	0
Nombre de jours concernés par le dépassement du seuil d'information du CSHPF					0	2	0	0	0
Seuil d'alerte	125	Moyenne mobile sur 24h	1996	Recommandations sur avis du CSHPF	0	0	0	0	0
Nombre de jours concernés par le dépassement du seuil d'alerte du CSHPF					0	0	0	0	0

Lors de la phase hivernale, la valeur limite journalière ($50 \mu\text{g.m}^{-3}$ à respecter en 2005 ; $60 \mu\text{g.m}^{-3}$ avec la marge autorisée en 2003), de même que le seuil d'information préconisé par le CSHPF ($80 \mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne mobile sur 24h), ont été dépassés plusieurs fois sur tous les sites, y compris sur le site urbain « Croix-Luizet ». A noter que sur cette période, les conditions météorologiques plutôt stables ont été propices à l'accumulation des polluants primaires : les poussières PM_{10} ont été à l'origine de tous les indices ATMO^1 supérieurs ou égaux à 5 (indice d'une qualité de l'air moyenne).

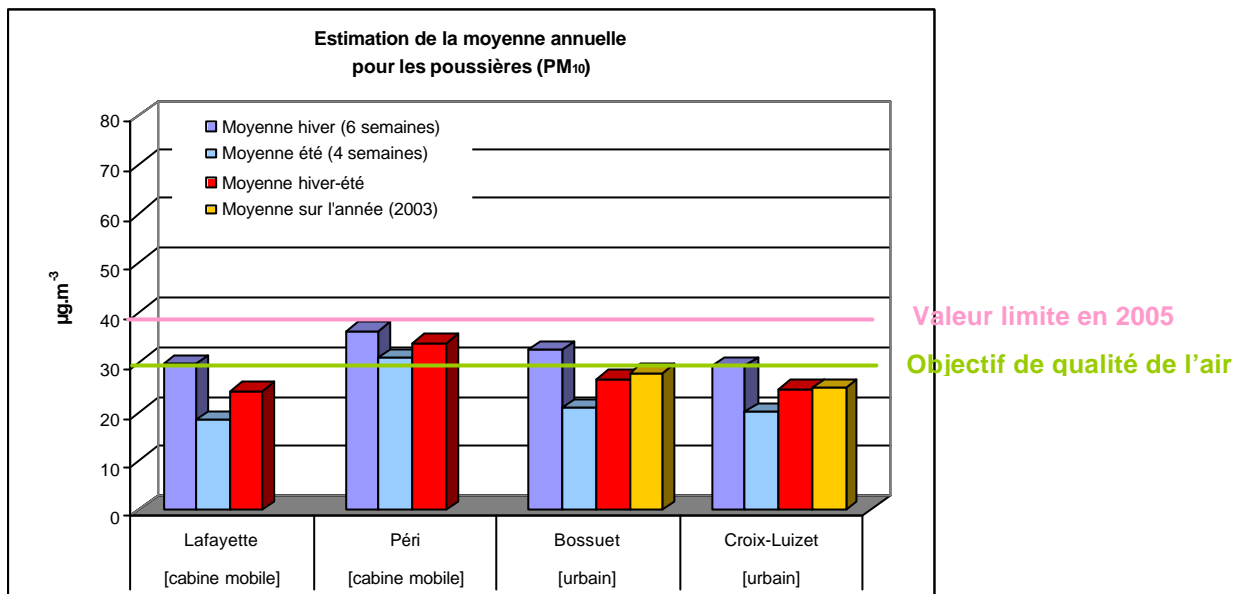
En période estivale, seul le site mobile « Péri » enregistre des dépassements, correspondant aux pics observés sur les données horaires, en lien avec les activités sportives sur le stade Ladoumègue (voir plus haut).

☞ Estimation de la moyenne annuelle :

Les deux séries de mesures réalisées sur deux périodes aussi contrastées que l'hiver et l'été et sur un total de dix semaines (19% d'une année) permettent d'estimer une moyenne comparable à la moyenne annuelle. Le tableau et le graphe suivants présentent les moyennes calculées et leur variations par rapport à la moyenne annuelle réellement mesurée (sur les sites fixes) :

Estimation de la moyenne annuelle pour les PM_{10} (en $\mu\text{g.m}^{-3}$)				
Typologie	[cabine mobile]	[cabine mobile]	[trafic]	[urbain]
Station	Lafayette	Péri	Garibaldi	Croix-Luizet
Moyenne hiver (6 semaines)	30	36	33	30
Moyenne été (4 semaines)	19	31	21	20
Moyenne hiver-été	24	34	27	25
Moyenne sur l'année (2003)	-	-	28	25
Ecart % moyenne 2003	-	-	-5%	-1%
Ecart de la moy. hiver % moy. 2003	-	-	16%	18%
Ecart de la moy. été % moy. 2003	-	-	-26%	-20%

¹ Indicateur journalier de la qualité de l'air pour les agglomérations de plus de 100 000 habitants, calculé à partir de la concentration moyenne journalière de quatre polluants (dioxyde de soufre, dioxyde d'azote, poussières et ozone), sur une échelle variant de 1 (très bon) à 10 (très mauvais).



Encore une fois, la moyenne hiver-été semble être un bon indicateur pour l'estimation de la moyenne annuelle¹ et les écarts de niveaux entre les deux périodes sont moins importants pour les poussières (PM₁₀) que pour les oxydes d'azote.

Par contre, avec seulement deux points de mesure, dont l'un (« Péri ») est probablement biaisé par la proximité d'un stade, il n'est pas possible de généraliser les résultats à l'ensemble du trajet de la « Ligne Forte C3 ».

A noter cependant qu'en 2003, l'objectif de qualité de l'air pour les poussières PM₁₀ (30 µg.m⁻³ en moyenne annuelle) a été respecté sur toutes les stations du réseau de COPARLY, à l'exception du site trafic « La Mulatière » situé à proximité de l'autoroute A7.

¹ La statistique a été vérifiée avec d'autres sites fixes.

3.3.3 Les composés organiques volatils : benzène et toluène

Parmi les activités humaines, le trafic automobile représente une très grande source d'émission de benzène et de toluène. Un intérêt tout particulier est porté sur la mesure du benzène depuis quelques années, dont la toxicité est reconnue par les instances sanitaires mondiales. En France, l'objectif de qualité de l'air et la valeur limite en benzène ont été fixés par le décret 2002-213 du 15 février 2002 à une valeur moyenne annuelle de respectivement $2 \mu\text{g.m}^{-3}$ et $5 \mu\text{g.m}^{-3}$. Le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF) recommande également pour ce polluant de ne pas dépasser $25 \mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne journalière.

Sur l'ensemble des sites de cette étude, seul « Garibaldi » possède un analyseur automatique de benzène et de toluène et il n'y a donc pas de comparaison possible. De plus, ce site n'est pas placé directement sur le trajet de la future Ligne Forte C3, c'est pourquoi les résultats sont simplement présentés, sans analyse plus approfondie.

En revanche, tous les sites de mesures ont été équipés de tubes passifs pour la mesure de ces deux polluants et les résultats sont présentés dans la partie suivante.

☞ Principales valeurs statistiques horaires et journalières pour le benzène et le toluène :

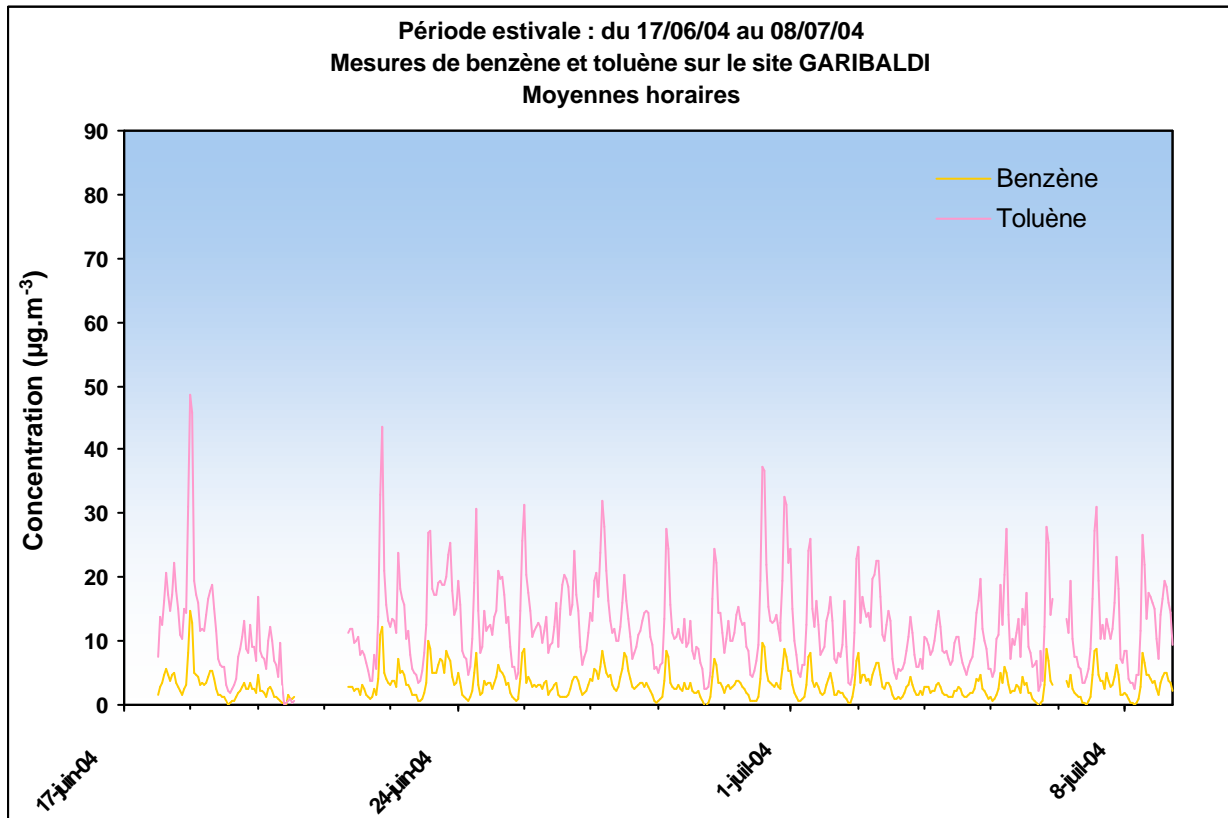
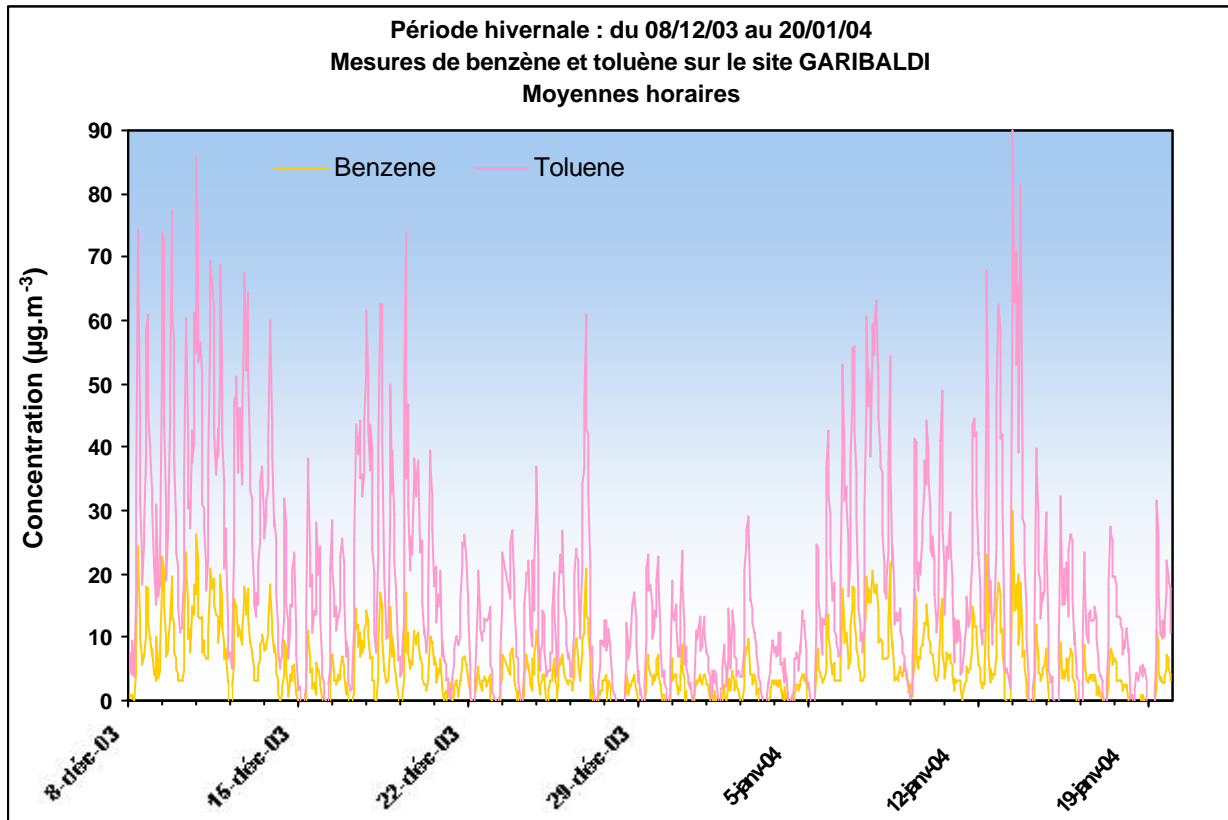
Statistiques sur la période hivernale en $\mu\text{g.m}^{-3}$: du 08/12/03 au 20/01/04 (6 semaines)		
Site	Garibaldi	
Typologie	[trafic]	
Polluant	Benzène	Toluène
Percentile 98 horaire	19	63
Médiane (Percentile 50) horaire	3,5	13,5
Minimum horaire	0	0
Maximum horaire	30	90
Minimum journalier	0	4
Maximum journalier	12,5	41
Moyenne sur la période hivernale (6 semaines)	5,1	18,6
Moyenne du 08/12/03 au 19/12/03 (11 jours)	7,6	29
Moyenne du 05/01/04 au 16/01/04 (11 jours)	6,9	23,2
Moyenne sur l'Année 2003	*	*

Statistiques sur la période estivale en $\mu\text{g.m}^{-3}$: du 17/06/04 au 08/07/04 (3 semaines)**		
Site	Garibaldi	
Typologie	[trafic]	
Polluant	Benzène	Toluène
Percentile 98 horaire	9	31
Médiane (Percentile 50) horaire	3	11
Minimum horaire	0	0
Maximum horaire	14,5	49
Minimum journalier	2	8
Maximum journalier	5	17
Moyenne sur la période estivale (3 semaines)	3,1	12,4
Moyenne sur l'Année 2003	*	*

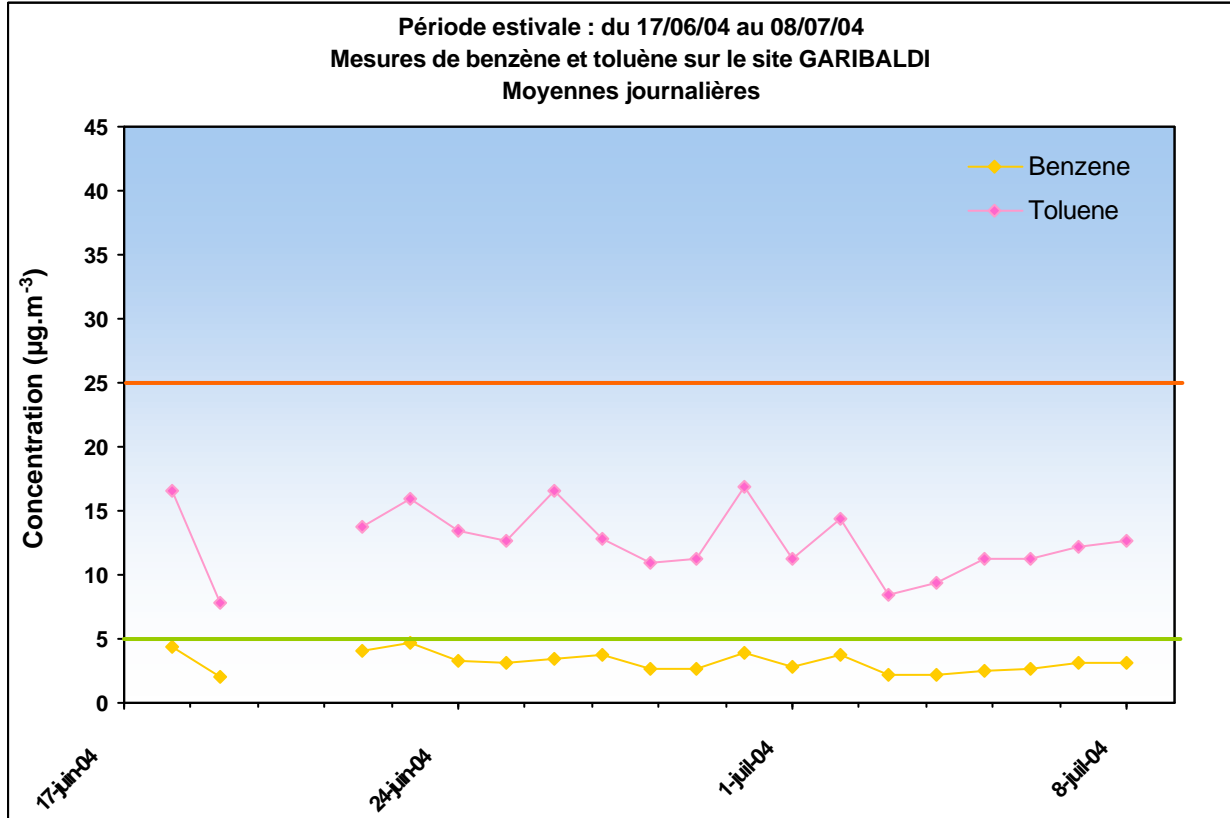
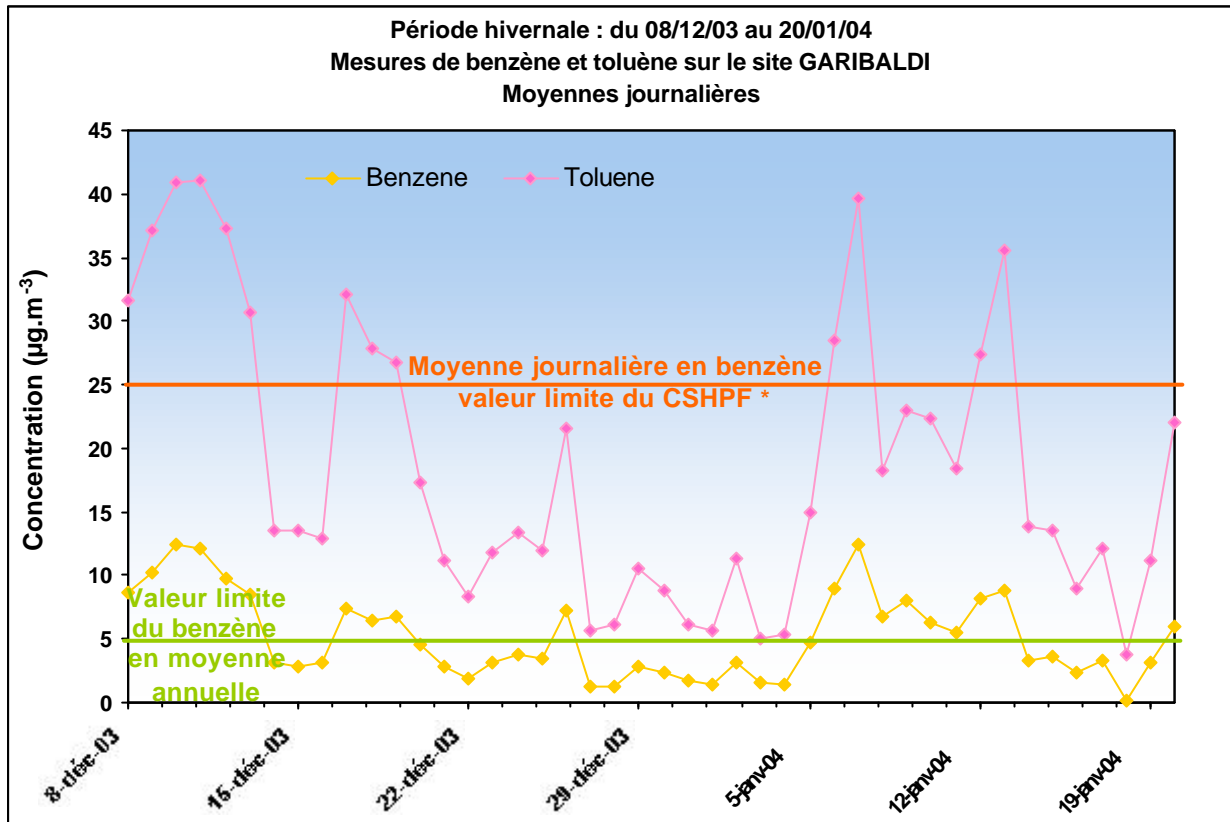
* Taux de fonctionnement de l'analyseur inférieur à 75% sur l'année 2003

** Pour la période estivale, les mesures ne commencent qu'à partir du 17 juin, suite à un dysfonctionnement de l'analyseur avant cette date.

☞ **Vue d'ensemble des moyennes horaires :**



☞ **Vue d'ensemble des moyennes journalières :**



* CSHPF : Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France.

3.4 Résultats de mesure avec les tubes passifs

3.4.1 Résultats pour le dioxyde d'azote

3.4.1.1 Présentation des résultats bruts

☞ Tableau des valeurs brutes pour le dioxyde d'azote (NO₂) :

Numéro et Nom	Type de mesure (Nb de tubes)	Moyennes NO ₂ (en µg.m ⁻³)			
		Campagne 1 du 08/12/03 au 19/12/03	Campagne 2 du 05/01/04 au 16/01/04	Ecart relatif (C2-C1)/C1	
LIGNE FORTE C3					
Lyon	LC3_01 Saint-Paul	Tubes (2)	86	84	-2%
	LC3_02_Fix Puits-Gaillot	Tubes (5)	87	83	-5%
		Analyseur	73	75	3%
	LC3_03_Cab Cabine_Lafayette	Tubes (5)	77	74	-5%
Analyseur		67	66	-1%	
Villeurbanne	LC3_04 Lafayette_Tolstoï	Tubes (2)	86	80	-7%
	LC3_05_Fix Grand-Clément	Tubes (5)	83	82	-1%
		Analyseur	77	75	-3%
LC3_06 Léon_Blum	Tubes (2)	79	73	-7%	
Vaulx-en-Velin	LC3_07_Cab Cabine_Péri	Tubes (5)	64	71	9%
		Analyseur	66	*	
	LC3_08 Maurice_Thorez	Tubes (2)	69	68	0%
	LC3_09 8_mai_1945	Tubes (2)	68	67	-1%
Moyenne des tubes			78	76	-2%
Moyenne des analyseurs			71	65	-9%
Transect LAFAYETTE (Rue Duguesclin, Lyon 3^{ème} et Lyon 6^{ème})					
LC3_10_Tr1 Lafayette_N_100m	Tubes (2)	76	78	2%	
LC3_11_Tr1 Lafayette_N_050m	Tubes (2)	77	80	5%	
LC3_12_Tr1 Lafayette_S_050m	Tubes (2)	76	76	0%	
LC3_13_Tr1 Lafayette_S_100m	Tubes (2)	75	76	1%	
Transect PERI (Stade Ladoumègue, Vaulx-en-Velin)					
LC3_14_Tr2 Péri_N_150m	Tubes (2)	60	64	7%	
LC3_15_Tr2 Péri_N_100m	Tubes (2)	60	63	6%	
LC3_16_Tr2 Péri_S_050m	Tubes (2)	60	59	-1%	
LC3_17_Tr2 Péri_S_150m	Tubes (2)	59	58	-3%	
Site fixe GARIBALDI (Lyon 6^{ème})					
LC3_18_Fix Garibaldi	Tubes (2)	102	101	-1%	
	Analyseur	92	90	-2%	
Moyenne de tous les tubes			75	74	0%

* Données invalidées sur la période

3.4.1.2 Ajustement des résultats - évaluation du biais systématique

Avant d'analyser les résultats, il est nécessaire d'estimer l'incertitude globale des valeurs mesurées avec les tubes passifs et de corriger les valeurs si nécessaire.

Cette évaluation se base sur la norme ISO 13752 et sur des réflexions menées sur les échantillonneurs passifs par un groupe de travail national regroupant plusieurs Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air, en comparant les mesures des tubes passifs avec les concentrations moyennes des analyseurs automatiques.

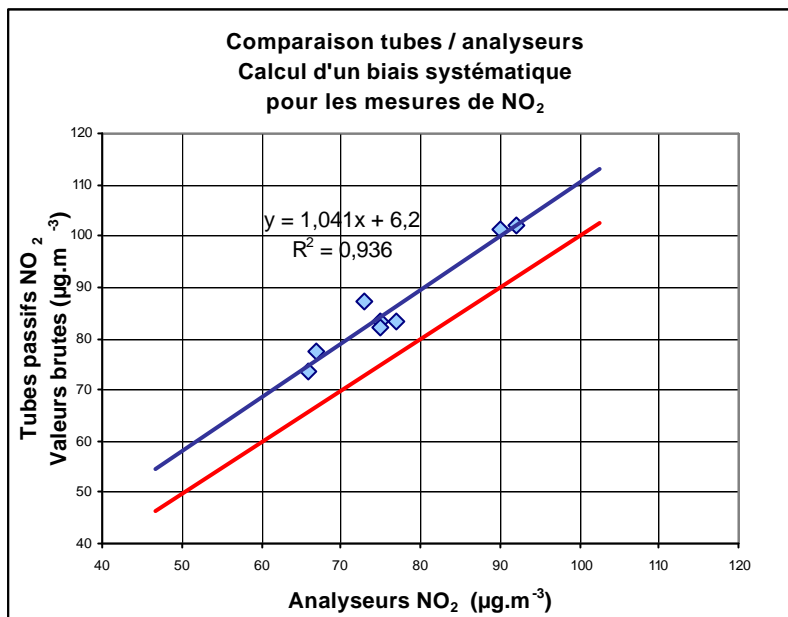
En effet, l'hypothèse est faite que les analyseurs automatiques délivrent une concentration moyenne pour la période d'exposition des tubes passifs qui est représentative de la valeur « vraie et juste ». Cette hypothèse est fondée sur le fait que l'erreur associée aux données ¼ horaires enregistrées par les analyseurs tend à s'annuler lorsqu'on considère la concentration moyenne sur une semaine ou quinze jours. Et il a été démontré expérimentalement, pour les échantillonneurs passifs de dioxyde d'azote (NO₂), que dans ce cas, l'incertitude associée aux analyseurs est négligeable devant celle des tubes passifs.

Parmi les facteurs d'incertitude, il est possible de distinguer le biais systématique, qui traduit la réponse globale des tubes passifs vis-à-vis de la concentration des analyseurs (i.e. « réelle ») et l'erreur aléatoire, qui inclut la répétabilité des tubes ainsi que tous les facteurs ponctuels et locaux ayant une influence aléatoire sur les mesures. Lorsqu'un biais systématique statistiquement significatif est mis en évidence, le fait de l'ôter des valeurs expérimentales des tubes passifs conduit à des « mesures ajustées » qui respectent davantage les concentrations des analyseurs (i.e. « réelles »).

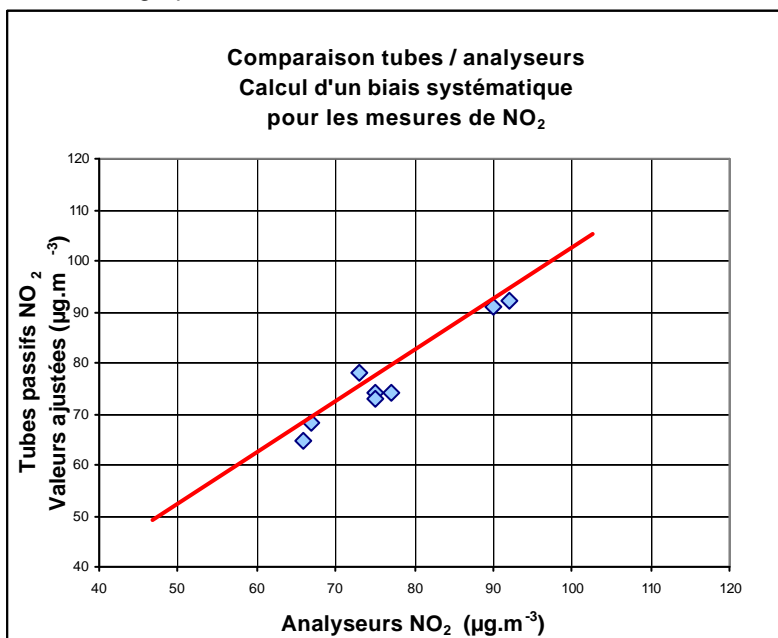
Pour cette étude, le nombre de couples de comparaison analyseurs/tubes passifs est insuffisant pour permettre d'estimer l'incertitude par application de la norme. Néanmoins, pour les tubes passifs mesurant le dioxyde d'azote (NO₂), il semble qu'un biais systématique non négligeable existe comme le montrent les tableaux et graphes suivants :

NO ₂	Numéro	Nom	analyseurs	tubes	Ecart relatif (tube % analyseur)
campagne 1 du 08/12/03 au 19/12/03	LC3_02_Fix	Puits-Gaillot	73	87	20%
	LC3_05_Fix	Grand-Clément	77	83	8%
	LC3_18_Fix	Garibaldi	92	102	11%
	LC3_03_Cab	Cabine_Lafayette	67	77	16%
	LC3_07_Cab	Cabine_Péri	66	64	-2%
campagne 2 du 05/01/04 au 16/01/04	LC3_02_Fix	Puits-Gaillot	75	83	11%
	LC3_05_Fix	Grand-Clément	75	82	10%
	LC3_18_Fix	Garibaldi	90	101	12%
	LC3_03_Cab	Cabine_Lafayette	66	74	12%
	LC3_07_Cab	Cabine_Péri		71	

Le site « Cabine_Péri » n'a pas été pris en compte pour l'évaluation du biais systématique.



Ce graphe montre bien l'écart systématique entre les valeurs mesurées avec les tubes passifs et la concentration des analyseurs (nuage de points, en bleu clair, vis-à-vis de la première bissectrice, en rouge). Cet écart positif (surestimation des tubes passifs par rapport à la « vraie » concentration) peut peut-être s'expliquer par une interférence du monoxyde d'azote (NO) sur la mesure par tubes passifs en proximité automobile. En effet, il faut se rappeler que les analyseurs automatiques ont enregistré pour les deux périodes de 11 jours, sur tous les sites, des moyennes très élevées en monoxyde d'azote par rapport à la moyenne annuelle et également vis-à-vis de la moyenne sur six semaines. La réponse des tubes passifs en fonction de la concentration des analyseurs peut être ajustée linéairement au premier ordre (en bleu foncé) pour calculer les paramètres du biais systématique (coefficients de la droite d'ajustement). Les valeurs corrigées ou « ajustées » des tubes passifs se situent alors bien autour de la première bissectrice, comme le montre le graphe suivant :



Cet ajustement généralisé à l'ensemble des valeurs mesurées par les tubes passifs donne le tableau de valeurs suivant :

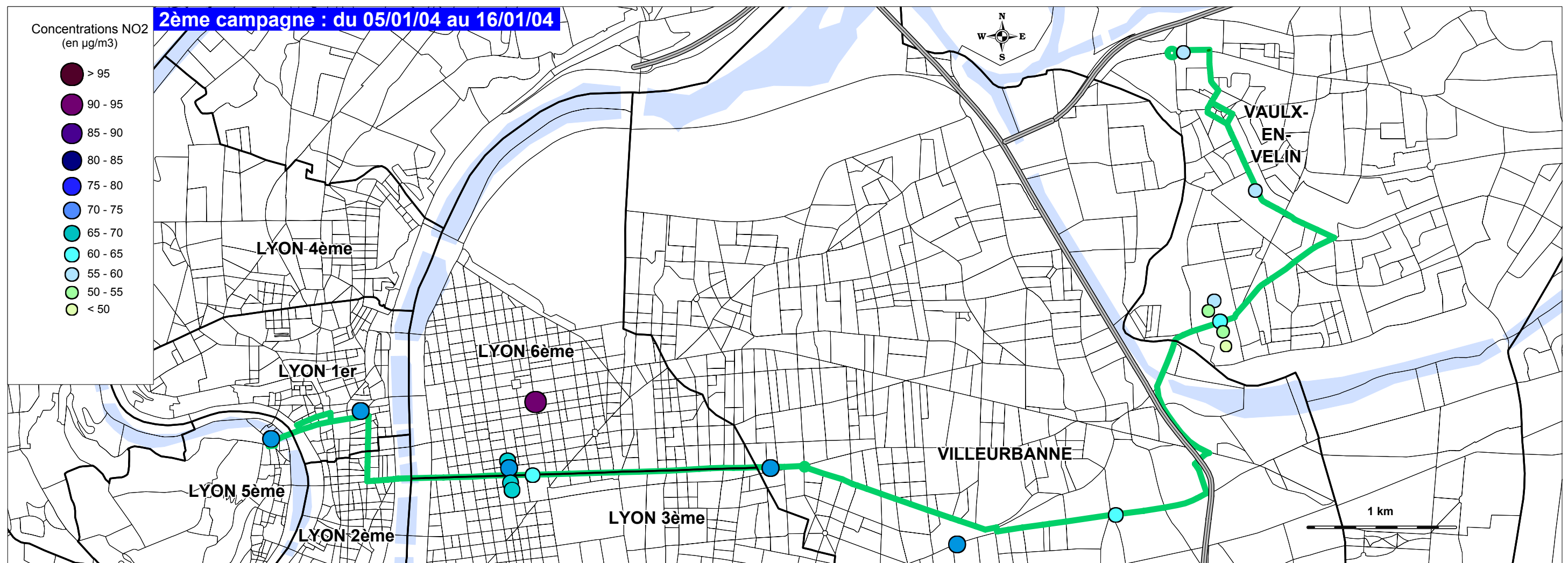
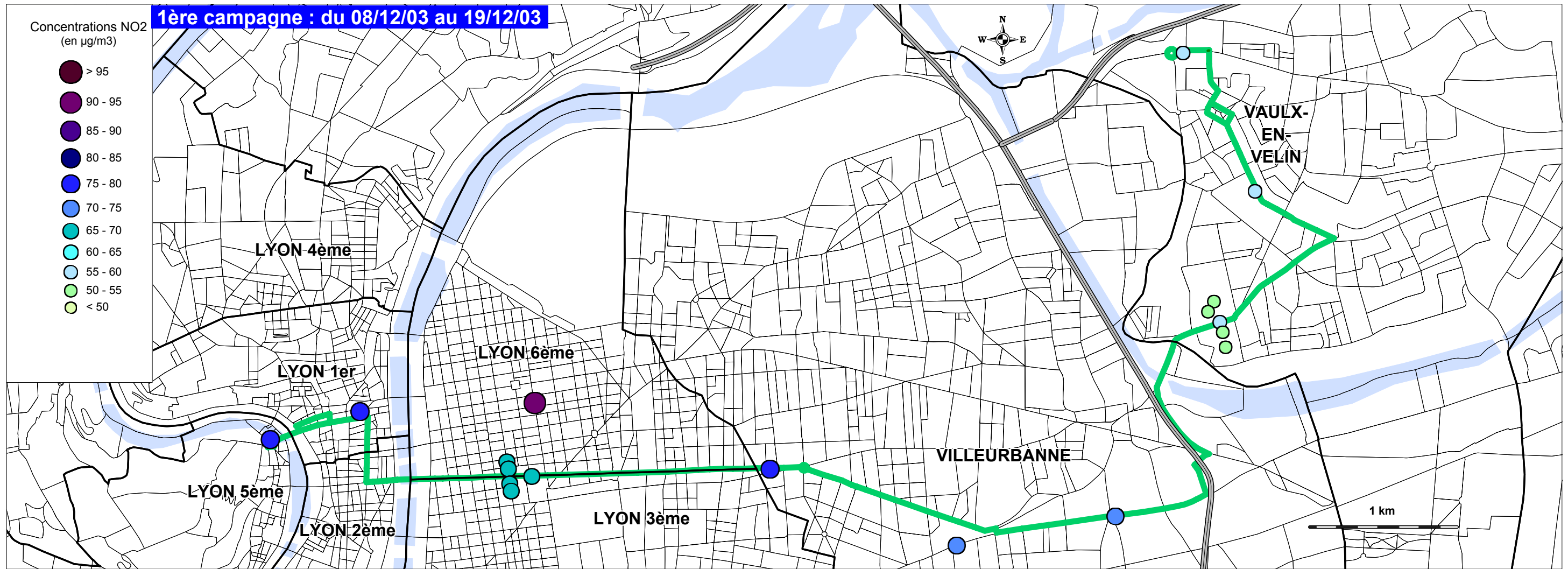
☞ Tableau des valeurs « ajustées » pour le dioxyde d'azote (NO₂) :

	Numéro et Nom	Type de mesure (Nb de tubes)	Moyennes NO ₂ (en µg.m ⁻³)	
			Campagne 1 du 08/12/03 au 19/12/03	Campagne 2 du 05/01/04 au 16/01/04
LIGNE FORTE C3				
Lyon	LC3_01 Saint-Paul	Tubes (2)	76	75
	LC3_02_Fix Puits-Gaillot	Tubes (5)	78	74
		Analyseur	73	75
	LC3_03_Cab Cabine_Lafayette	Tubes (5)	68	65
Analyseur		67	66	
Villeurbanne	LC3_04 Lafayette_Tolstoï	Tubes (2)	76	71
	LC3_05_Fix Grand-Clément	Tubes (5)	74	73
		Analyseur	77	75
Vaulx-en-Velin	LC3_06 Léon Blum	Tubes (2)	70	64
	LC3_07_Cab Cabine_Péri	Tubes (5)	56	62
		Analyseur	66	
	LC3_08 Maurice_Thorez	Tubes (2)	60	60
	LC3_09 8_mai_1945	Tubes (2)	60	59
Moyenne des tubes			78	69
Moyenne des analyseurs			71	65
Transect LAFAYETTE (Rue Duguesclin, Lyon 3^{ème} et Lyon 6^{ème})				
	LC3_10_Tr1 Lafayette_N_100m	Tubes (2)	67	68
	LC3_11_Tr1 Lafayette_N_050m	Tubes (2)	68	71
	LC3_12_Tr1 Lafayette_S_050m	Tubes (2)	67	67
	LC3_13_Tr1 Lafayette_S_100m	Tubes (2)	66	67
Transect PERI (Stade Ladoumègue, Vaulx-en-Velin)				
	LC3_14_Tr2 Péri_N_150m	Tubes (2)	51	56
	LC3_15_Tr2 Péri_N_100m	Tubes (2)	51	55
	LC3_16_Tr2 Péri_S_050m	Tubes (2)	51	51
	LC3_17_Tr2 Péri_S_150m	Tubes (2)	51	49
Site fixe GARIBALDI (Lyon 6^{ème})				
	LC3_18_Fix Garibaldi	Tubes (2)	92	91
		Analyseur	92	90
Moyenne de tous les tubes			66	65

La carte suivante présente ces résultats pour le dioxyde d'azote le long du tracé de la Ligne Forte C3, avec des pastilles de couleurs en fonction des concentrations « ajustées » :

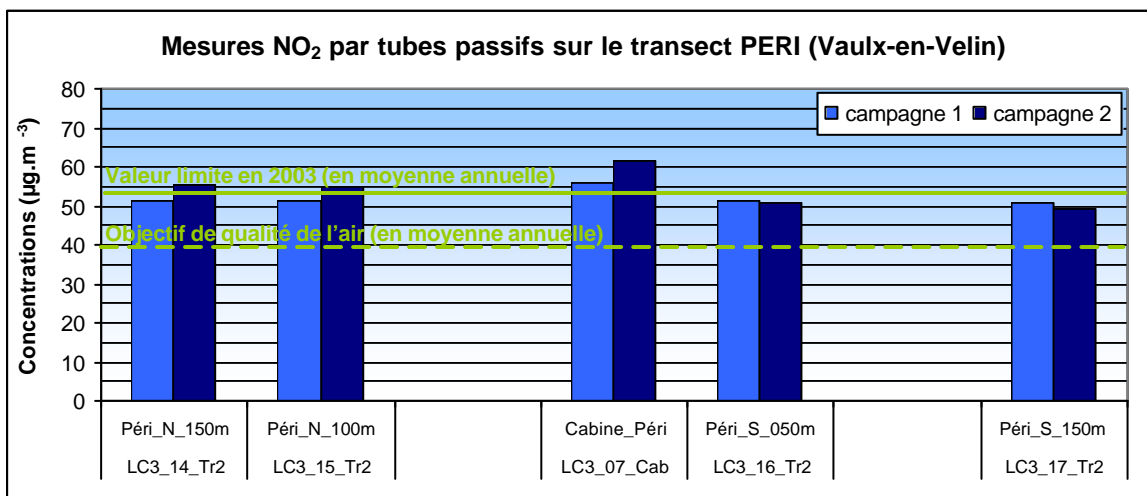
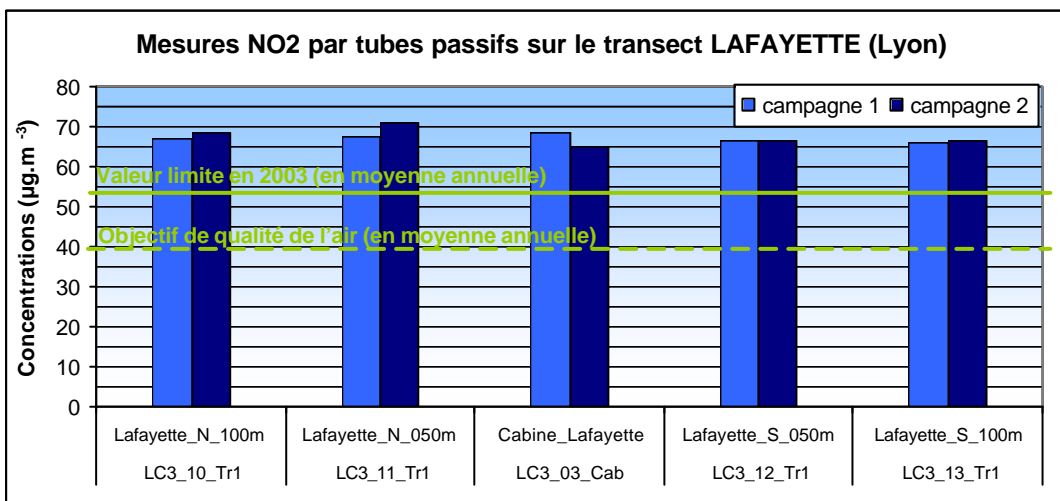
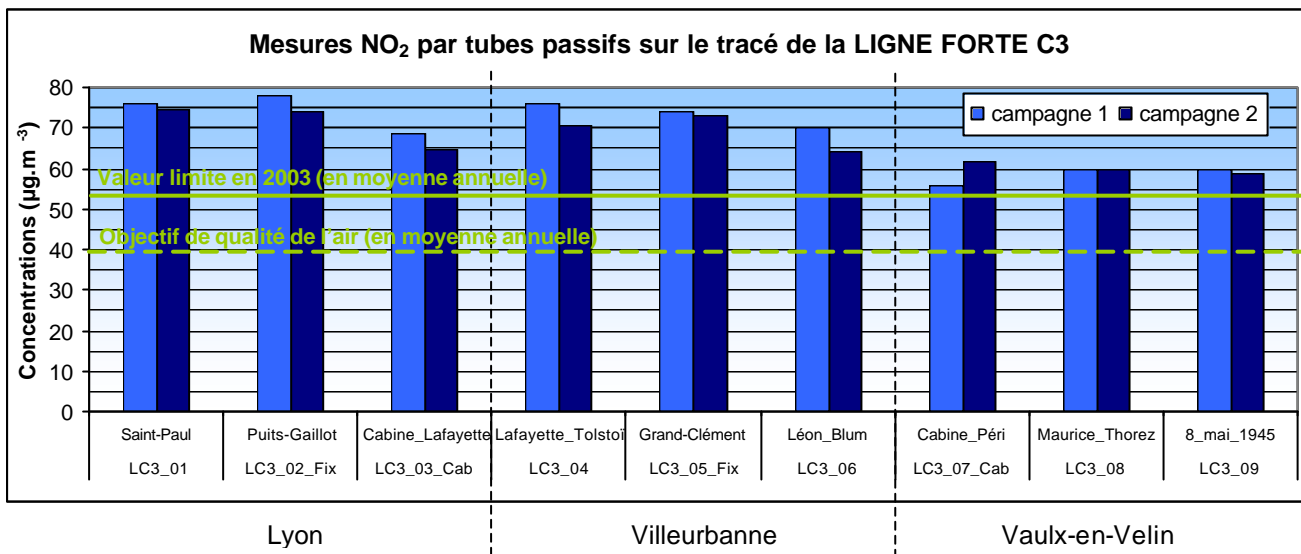
MESURES PAR TUBES PASSIFS : RÉSULTATS POUR LE DIOXYDE D'AZOTE

ETUDE DE LA QUALITE DE L'AIR SUR LE TRACE DE LA LIGNE FORTE C3



3.4.1.3 Analyse des résultats

Les graphes ci-dessous reprennent les valeurs « ajustées » en dioxyde d'azote pour les deux campagnes de mesure, sur le tracé de la Ligne C3 ainsi que sur les deux transects étudiés :



☞ **Commentaires :**

❶ Les mesures par tubes passifs présentent des résultats comparables pour les deux campagnes de mesure.

❷ Ces résultats montrent que les concentrations en dioxyde d'azote à proximité du trafic sont à peu près constantes sur une grande partie du tracé de la Ligne Forte C3, depuis le centre ville lyonnais jusqu'en bordure de la ceinture périphérique (pôle d'échange « Laurent Bonnevey »). Sur la commune de Vaulx-en-Velin, les niveaux sont légèrement moins élevés, en lien certainement avec une densité de population et un trafic plus faibles sur ce tronçon de la ligne C3.

❸ Le transect au niveau du cours Lafayette (4 points dans la rue Duguesclin, légèrement excentrés par rapport au site « Cabine_Lafayette ») ne montre pas vraiment de décroissance des concentrations en s'éloignant de l'axe principal. Au contraire, les niveaux semblent même légèrement plus élevés sur les deux points situés au nord, ce qui peut s'expliquer de plusieurs façons :

- par les livraisons fréquentes et la présence de feux tricolores sur cette partie du transect (variations de régime moteur)
- par une topographie de la rue plus étroite et peut-être moins ventilée (rue canyon)
- par le petit muret qui sépare le site « cabine_Lafayette » du cours Lafayette et qui a pu créer un léger effet d'écran (voir présentation des sites p.16)
- par l'incertitude des mesures par tubes passifs.

❹ Le transect au niveau de l'avenue Gabriel Péri montre des niveaux qui diminuent légèrement en s'éloignant de la voie principale, en lien certainement avec l'environnement plus résidentiel et moins bâti de ce transect par rapport à celui du centre-ville de Lyon (rues «canyon »), mais dans un rapport qui reste faible (<10%). En revanche, les concentrations ne diminuent pas plus que l'on s'éloigne de 50 mètres, 100 mètres ou 150 mètres.

A noter que les concentrations sur ce transect (exception faite du site « Cabine_Péri ») sont presque toutes inférieures à la valeur limite en moyenne annuelle en 2003 pour le dioxyde d'azote : $54 \mu\text{g.m}^{-3}$ (contre $48 \mu\text{g.m}^{-3}$ en 2006 et $40 \mu\text{g.m}^{-3}$ en 2010).

3.4.2 Résultats pour le benzène et le toluène

3.4.2.1 Présentation des résultats bruts

☞ Tableau des valeurs brutes pour le benzène et le toluène :

Numéro et Nom	Type de mesure	Moyennes Benzène (en $\mu\text{g.m}^{-3}$)			Moyennes Toluène (en $\mu\text{g.m}^{-3}$)			
		Campagne 1 du 08/12/03 au 19/12/03	Campagne 2 du 05/01/04 au 16/01/04	Ecart relatif (C2-C1)/C1	Campagne 1 du 08/12/03 au 19/12/03	Campagne 2 du 05/01/04 au 16/01/04	Ecart relatif (C2-C1)/C1	
LIGNE FORTE C3								
Lyon	LC3_01 Saint-Paul	tubes (2)	6,0	5,6	-6%	20,5	16,2	-21%
	LC3_02_Fix Puits-Gaillot	tubes (2)	5,5	5,2	-5%	17,8	14,7	-17%
	LC3_03_Cab Cabine_Lafayette	tubes (2)	5,6	4,8	-14%	18,9	12,7	-33%
Villeurbanne	LC3_04 Lafayette_Tolstoï	tubes (2)	7,4	5,7	-23%	27,6	18,3	-34%
	LC3_05_Fix Grand-Clément	tubes (2)	7,2	7,3	1%	30,4	23,1	-24%
	LC3_06 Léon_Blum	tubes (2)	6,9	5,0	-28%	25,2	16,6	-34%
Vaulx-en-Velin	LC3_07_Cab Cabine_Péri	tubes (2)	5,2	5,0	-4%	18,4	14,1	-23%
	LC3_08 Maurice_Thorez	tubes (2)	4,7	4,1	-12%	15,2	11,1	-27%
	LC3_09 8_mai_1945	tubes (2)	4,7	3,8	-18%	19,3	12,0	-38%
Moyenne des tubes			5,9	5,2	-12%	21,5	15,4	-28%
Transect LAFAYETTE (Rue Duguesclin, Lyon 3^{ème} et Lyon 6^{ème})								
LC3_10_Tr1 Lafayette_N_100m	tubes (2)	5,6	5,4	-4%	19,6	14,9	-24%	
LC3_11_Tr1 Lafayette_N_050m	tubes (2)	6,6	6,3	-5%	24,0	18,0	-25%	
LC3_12_Tr1 Lafayette_S_050m	tubes (2)	6,0	5,1	-14%	20,5	14,3	-30%	
LC3_13_Tr1 Lafayette_S_100m	tubes (2)	5,3	4,9	-8%	18,1	13,5	-26%	
Transect PERI (Stade Ladoumègue, Vaulx-en-Velin)								
LC3_14_Tr2 Péri_N_150m	tubes (2)	4,5	4,2	-6%	15,7	11,1	-29%	
LC3_15_Tr2 Péri_N_100m	tubes (2)	4,5	4,7	6%	16,8	13,0	-23%	
LC3_16_Tr2 Péri_S_050m	tubes (2)	4,4	4,4	-1%	16,9	12,8	-24%	
LC3_17_Tr2 Péri_S_150m	tubes (2)	4,6	4,3	-6%	19,8	13,4	-32%	
Site fixe GARIBALDI (Lyon 6^{ème})								
LC3_18_Fix Garibaldi	tubes (5)	9,5	8,4	-11%	31,8	24,9	-22%	
	analyseur	7,7	6,9	-10%	29	23,2	-20%	
Moyenne de tous les tubes			5,9	5,3	-9%	21,3	15,7	-27%

3.4.2.2 Ajustement des résultats - évaluation du biais systématique

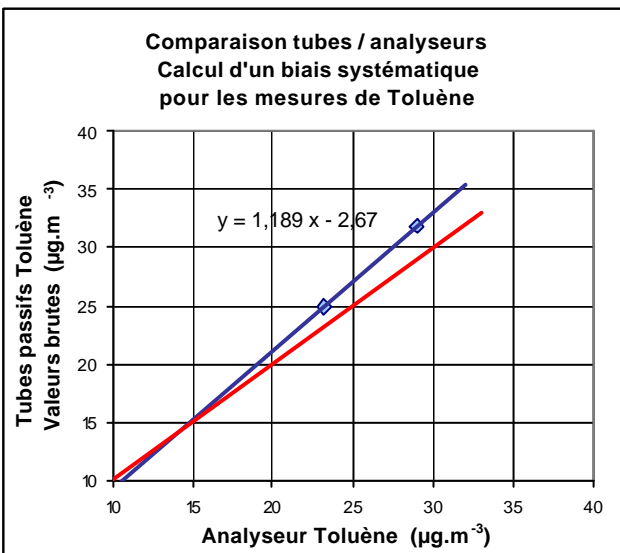
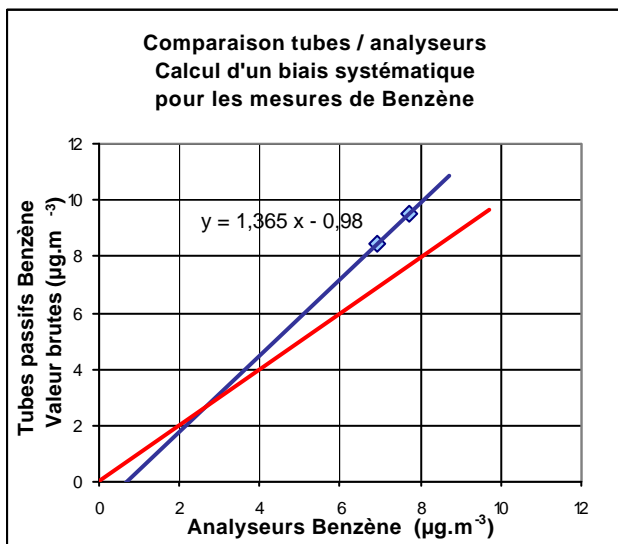
Concernant le benzène et le toluène, il n'y a qu'un seul analyseur pour comparer les mesures :

Benzène	Numéro	Nom	analyseurs	tubes	Ecart relatif (tube % analyseur)
campagne 1 du 08/12/03 au 19/12/03	LC3_18_Fix	Garibaldi	7,7	9,5	24%
campagne 2 du 05/01/04 au 16/01/04	LC3_18_Fix	Garibaldi	6,9	8,4	22%

Toluène	Numéro	Nom	analyseurs	tubes	Ecart relatif (tube % analyseur)
campagne 1 du 08/12/03 au 19/12/03	LC3_18_Fix	Garibaldi	29	31,8	10%
campagne 2 du 05/01/04 au 16/01/04	LC3_18_Fix	Garibaldi	23,2	24,9	7%

Sur les deux points de comparaison et pour les deux polluants, les écarts semblent montrer qu'il peut exister un biais systématique, à savoir une surestimation des concentrations par les tubes passifs. Par ailleurs, les valeurs brutes paraissent dans l'ensemble légèrement plus élevées que les niveaux généralement rencontrés en milieu urbain.

Une estimation de l'erreur systématique a donc tout de même été réalisée à partir des deux points de mesure pour les deux polluants (même si pour le benzène, l'écart relatif entre les tubes et l'analyseur est presque deux fois plus important que pour le NO₂ et le toluène) :



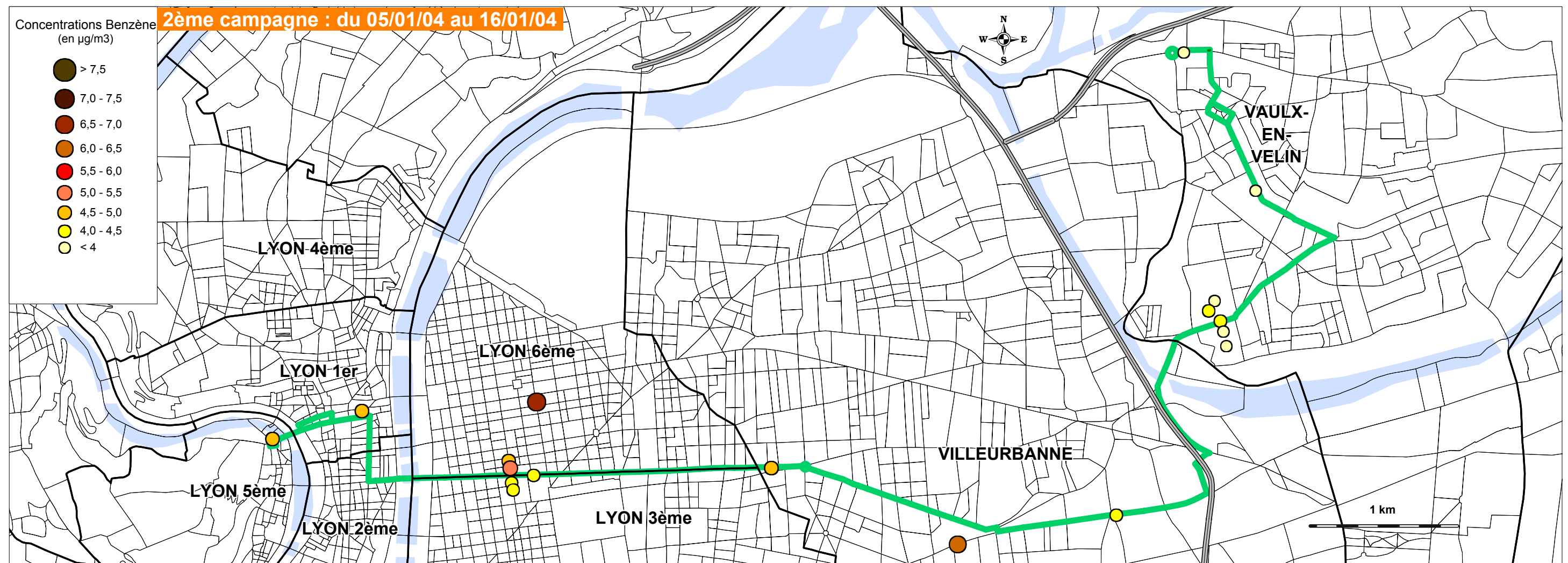
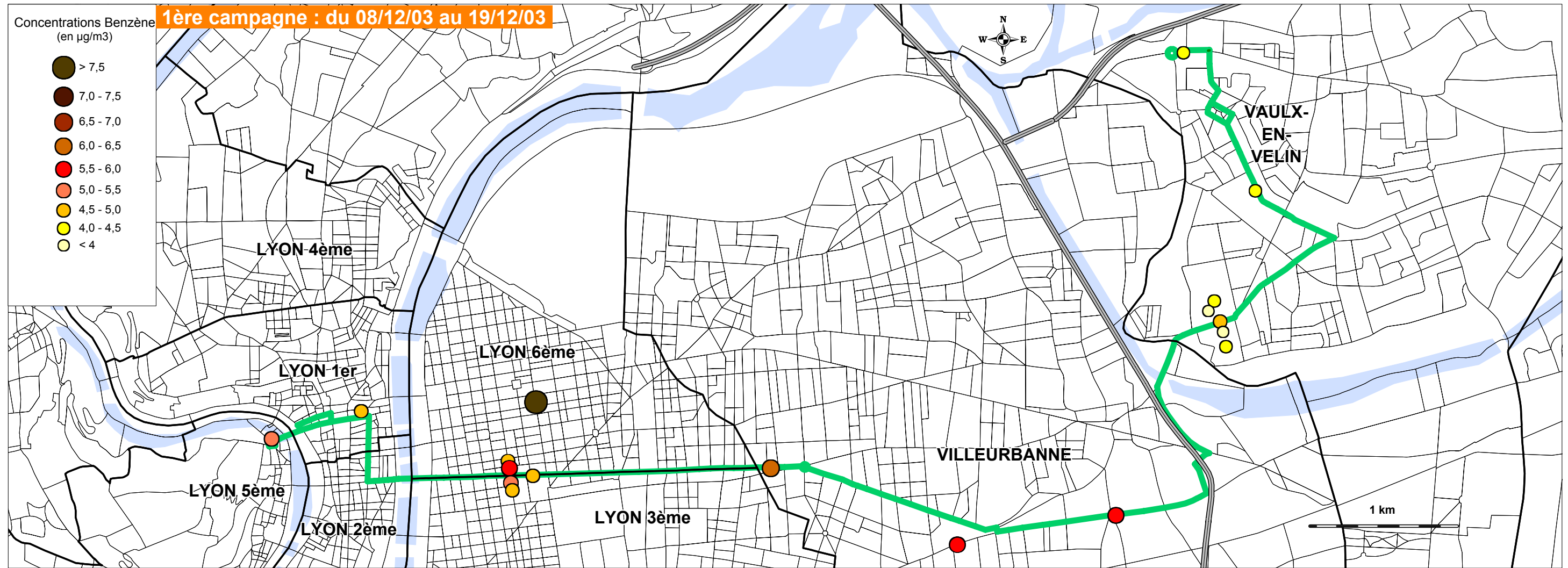
Le tableau des valeurs « ajustées » est présenté ci-après :

☞ Tableau des valeurs « ajustées » pour le benzène et le toluène :

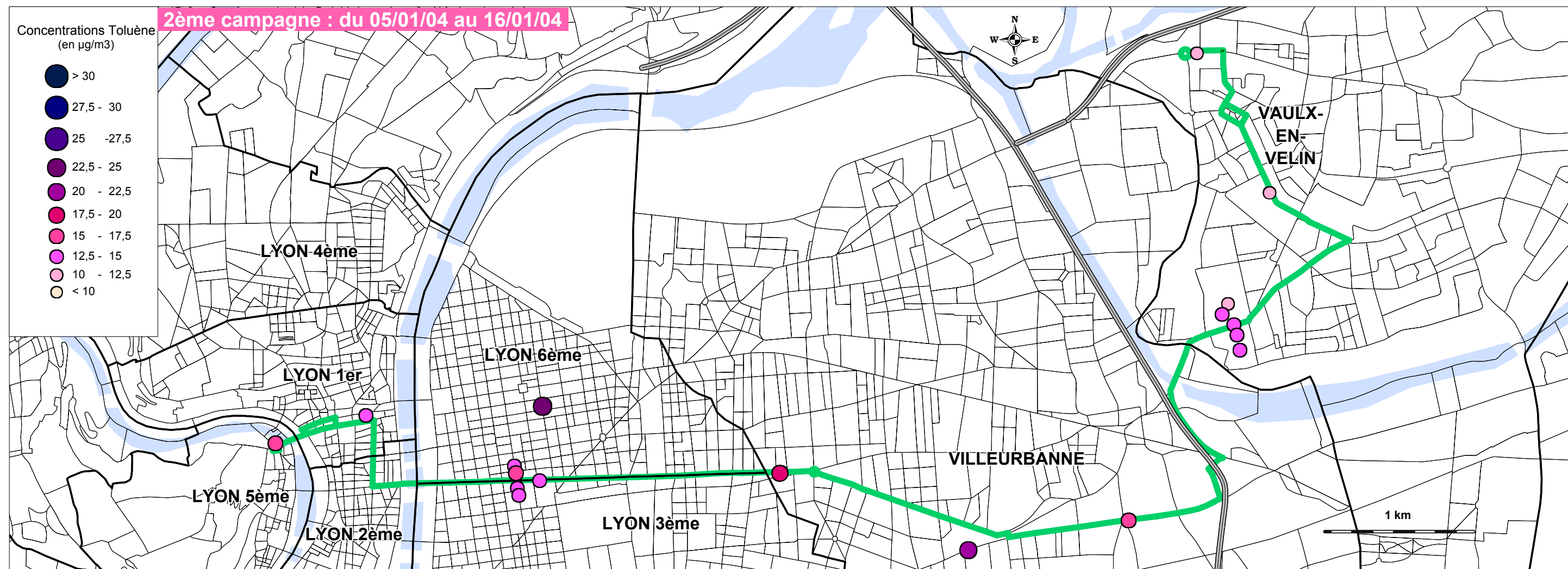
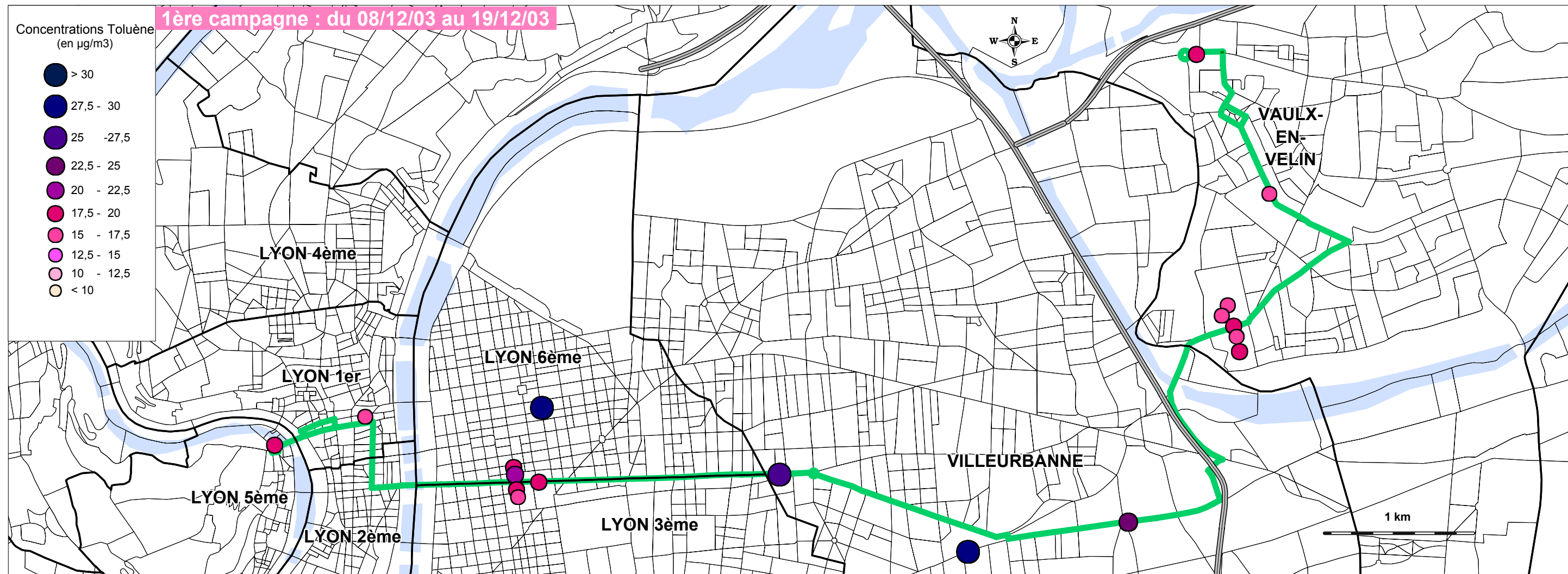
Numéro et Nom	Type de mesure	Moyennes Benzène (en µg.m ⁻³)		Moyennes Toluène (en µg.m ⁻³)		
		Campagne 1 du 08/12/03 au 19/12/03	Campagne 2 du 05/01/04 au 16/01/04	Campagne 1 du 08/12/03 au 19/12/03	Campagne 2 du 05/01/04 au 16/01/04	
LIGNE FORTE C3						
Lyon	LC3_01 Saint-Paul	tubes (2)	5,1	4,8	19,5	15,9
	LC3_02_Fix Puits-Gaillot	tubes (2)	4,7	4,5	17,2	14,6
	LC3_03_Cab Cabine_Lafayette	tubes (2)	4,8	4,2	18,1	12,9
Villeurbanne	LC3_04 Lafayette_Tolstoï	tubes (2)	6,1	4,9	25,4	17,6
	LC3_05_Fix Grand-Clément	tubes (2)	6,0	6,0	27,8	21,7
	LC3_06 Léon_Blum	tubes (2)	5,8	4,4	23,4	16,2
Vaux-en-Velin	LC3_07_Cab Cabine_Péri	tubes (2)	4,6	4,4	17,7	14,1
	LC3_08 Maurice_Thorez	tubes (2)	4,2	3,7	15,0	11,6
	LC3_09 8_mai_1945	tubes (2)	4,2	3,5	18,4	12,4
Moyenne des tubes			5,0	4,5	20,3	15,2
Transect LAFAYETTE (Rue Duguesclin, Lyon 3^{ème} et Lyon 6^{ème})						
LC3_10_Tr1 Lafayette_N_100m	tubes (2)	4,8	4,6	18,8	14,8	
LC3_11_Tr1 Lafayette_N_050m	tubes (2)	5,6	5,3	22,4	17,4	
LC3_12_Tr1 Lafayette_S_050m	tubes (2)	5,1	4,5	19,5	14,3	
LC3_13_Tr1 Lafayette_S_100m	tubes (2)	4,6	4,3	17,5	13,6	
Transect PERI (Stade Ladoumègue, Vaux-en-Velin)						
LC3_14_Tr2 Péri_N_150m	tubes (2)	4,0	3,8	15,5	11,6	
LC3_15_Tr2 Péri_N_100m	tubes (2)	4,0	4,2	16,3	13,2	
LC3_16_Tr2 Péri_S_050m	tubes (2)	4,0	3,9	16,5	13,0	
LC3_17_Tr2 Péri_S_150m	tubes (2)	4,1	3,9	18,9	13,6	
Site fixe GARIBALDI (Lyon 6^{ème})						
LC3_18_Fix Garibaldi	tubes (5)	7,7	6,9	29,0	23,2	
	analyseur	7,7	6,9	29	23,2	
Moyenne de tous les tubes			5,0	4,6	19,8	15,1

Les deux cartes suivantes présentent l'ensemble des résultats pour le benzène et le toluène le long du tracé de la Ligne Forte C3, avec des pastilles de couleurs en fonction des concentrations « ajustées » :

MESURES PAR TUBES PASSIFS : RÉSULTATS POUR LE BENZÈNE

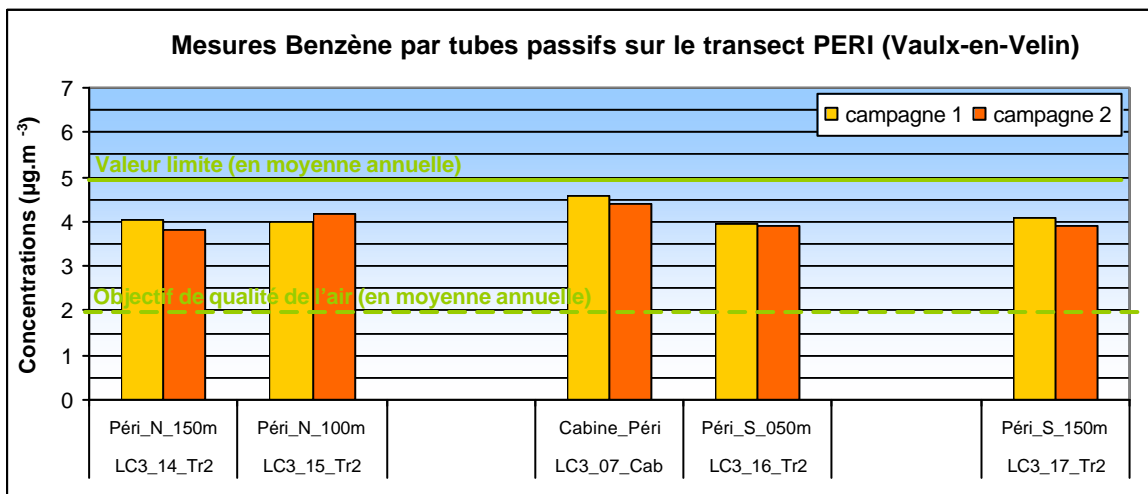
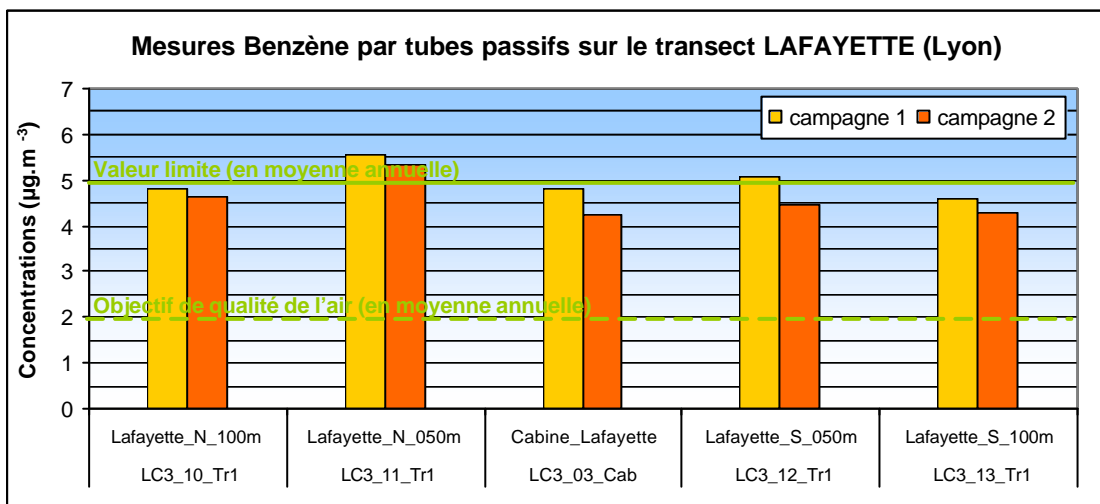
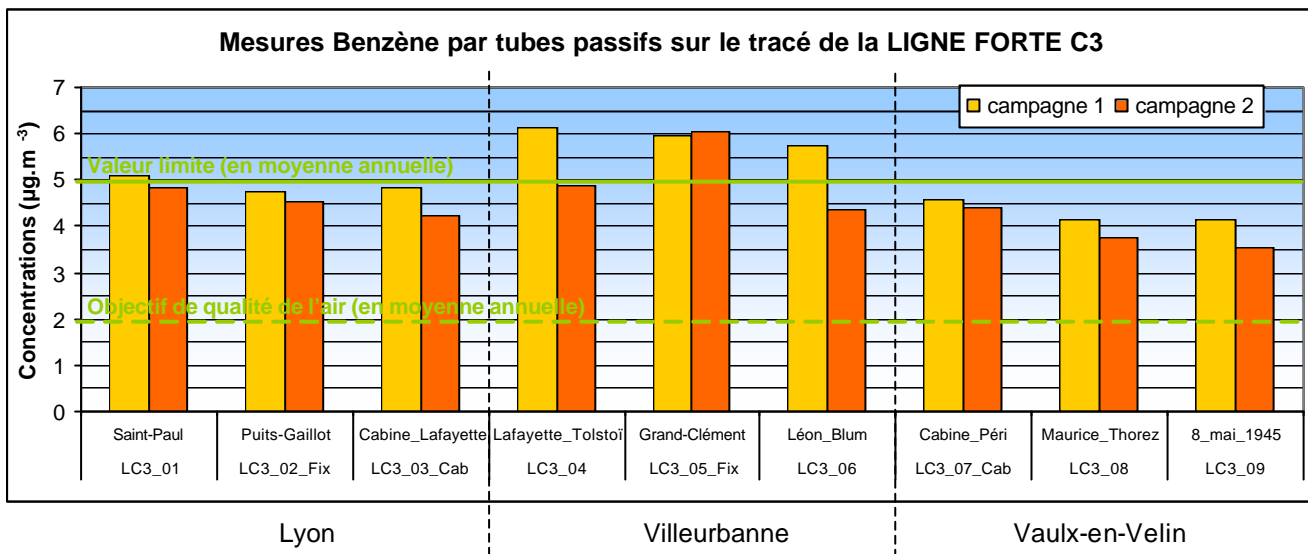


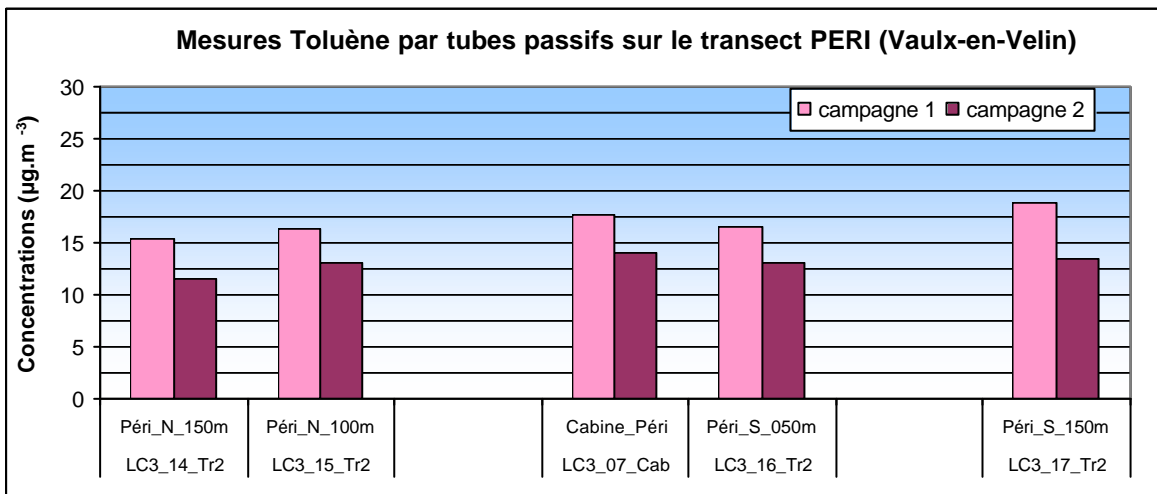
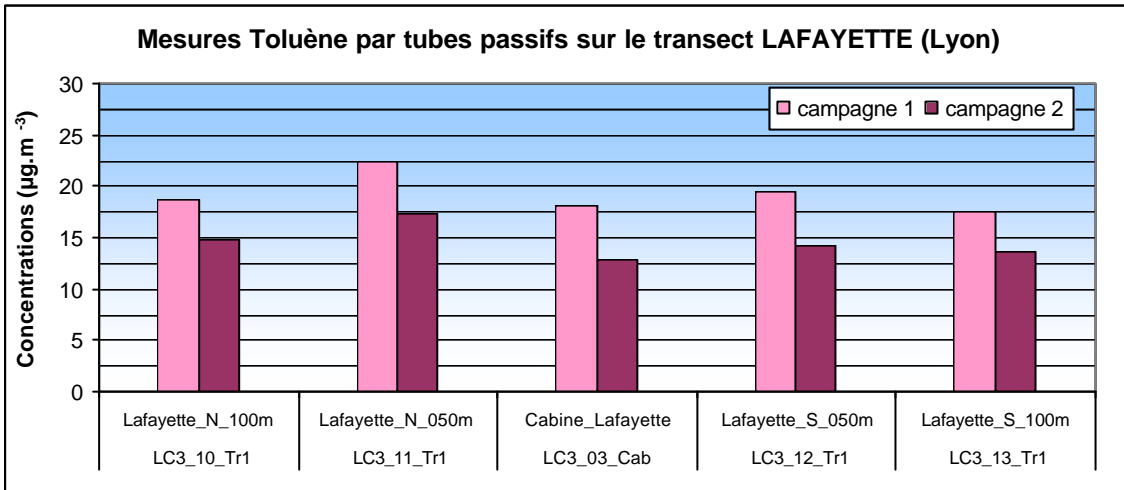
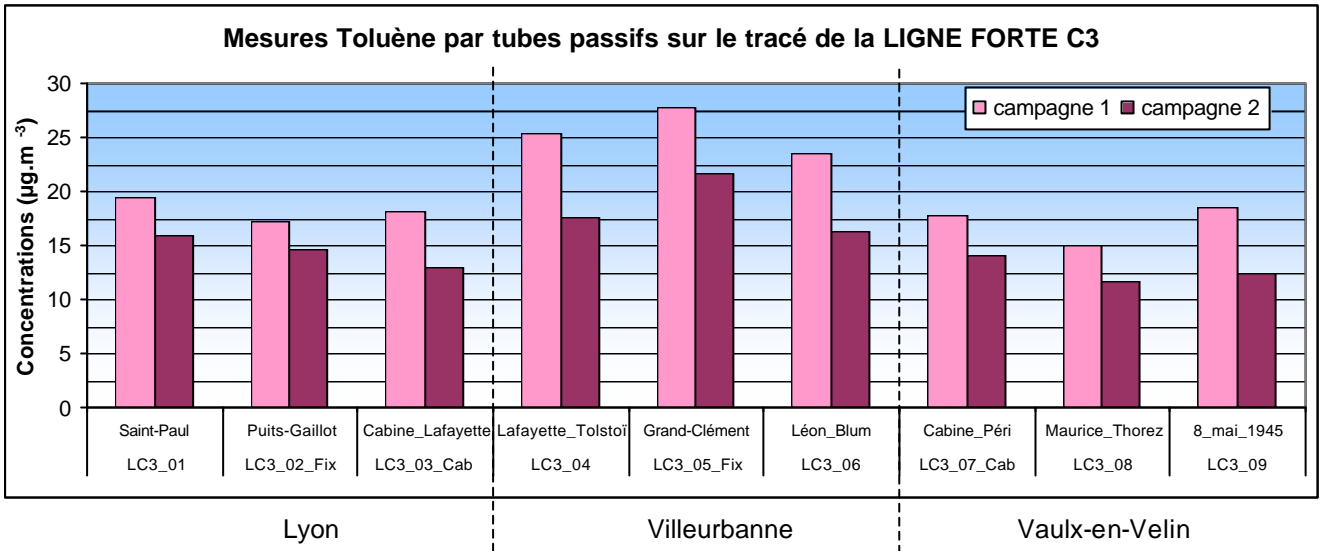
MESURES PAR TUBES PASSIFS : RÉSULTATS POUR LE TOLUÈNE



3.4.2.3 Analyse des résultats

Le graphes ci-dessous reprennent les valeurs « ajustées » en benzène et en toluène pour les deux campagnes de mesure, sur le tracé de la Ligne C3 ainsi que sur les deux transects étudiés :





☞ Commentaires :

❶ Les mesures par tubes passifs en benzène et toluène présentent des valeurs sensiblement moins élevées pour la deuxième campagne de mesure que pour la première, d'autant plus pour le toluène que pour le benzène. A noter que cette baisse a été mesurée également par l'analyseur sur le site fixe « Garibaldi », dans une proportion équivalente.

❷ Les résultats semblent indiquer que, pour le benzène et le toluène, trois zones se distinguent sur le tracé de la Ligne Forte C3 :

- du centre-ville lyonnais à la limite avec Villeurbanne
- de la limite Lyon-Villeurbanne à la ceinture périphérique (commune de Villeurbanne)
- et du périphérique au terminus de la ligne (commune de Vaulx-en-Velin)

Les concentrations en benzène et en toluène les plus élevées sont situées sur la deuxième zone, au milieu du tracé, alors que les deux autres tronçons enregistrent des valeurs sensiblement équivalentes (légèrement plus faibles à Vaulx-en-Velin qu'au centre de Lyon).

A noter tout de même que les points de mesures sont espacés en moyenne de plus d'un kilomètre, et qu'ils ont été implantés avec une typologie trafic (mesure représentative de la pollution maximale dans un rayon moyen de quelques dizaines de mètres). Il est donc tout à fait possible et vraisemblable que les valeurs des trois sites les plus élevées soient dues à des sources ou phénomènes localisés, non représentatifs de l'ensemble du tronçon de la ligne C3 sur la commune de Villeurbanne.

❸ Toutes les valeurs mesurées sur le tracé de la ligne C3 sont supérieures à l'objectif de qualité de l'air ($2 \mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne annuelle) et très proches de la valeur limite ($5 \mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne annuelle) fixés par les réglementations française et européenne.

Il faut cependant rappeler à ce sujet qu'il est très difficile de comparer des valeurs réglementaires calculées sur une moyenne annuelle avec des moyennes mesurées sur des périodes de onze jours, d'autant plus en période hivernale (plus propice à l'accumulation des polluants primaires).

❹ Transect au niveau du cours Lafayette (Lyon) :

Pour le benzène, la même remarque peut être faite que pour les mesures en dioxyde d'azote (NO_2), à savoir que les tubes passifs ne montrent pas de décroissance significative des concentrations en s'éloignant de l'axe principal, avec même des valeurs parfois plus élevées.

Pour le toluène, les valeurs sont toutes plus élevées sur les points du transect que sur le site mobile (le plus proche de l'axe principal), avec des concentrations maximales relevées sur le site à 50 mètres, au nord, pour les deux campagnes de mesure.

Comme pour le dioxyde d'azote, ces résultats peuvent s'expliquer de plusieurs manières :

- par le trafic lui-même (variations de régime moteur dus à la présence de feux tricolores ou à des livraisons)
- par l'implantation du site « Lafayette » (petit muret jouant un rôle d'écran, voir présentation des sites p. 16).
- par l'incertitude des mesures avec les tubes passifs.

❺ Transect au niveau de l'avenue Gabriel Péri (Vaulx-en-Velin) :

Pour le benzène, comme pour le dioxyde d'azote, les niveaux semblent diminuer légèrement en s'éloignant de la voie principale, mais dans un faible rapport (10-15%).

Pour le toluène, la baisse paraît encore moins flagrante, avec même des niveaux plus importants sur le site à 150 mètres au sud (Remarque pour ce dernier : il était situé sur une petite place à 20 mètres de l'endroit où les habitants du quartier peuvent déposer leurs poubelles, pouvant être à l'origine d'émissions de COV).

A noter également que les mesures de benzène et de toluène dans des zones résidentielles peuvent être influencées par des phénomènes locaux non contrôlables ou vérifiables, tels que les temps d'immobilisation des véhicules moteur allumé (au démarrage ou à l'arrêt) ou bien les émissions de fumées dans les jardins ou les cheminées.

☞ **Tableau du rapport Toluène sur Benzène (à partir des concentrations « ajustées » en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) :**

Le benzène et le toluène sont émis par le trafic automobile dans un rapport relativement constant, situé généralement autour de 3 ou 4 (si les concentrations sont exprimées en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). La variation du rapport entre toluène et benzène est le plus souvent le signe d'un apport supplémentaire de l'un des deux polluants provenant d'une source autre que le trafic.

	Numéro et Nom	Type de mesure	Rapport Toluène/Benzène	
			Campagne 1 du 08/12/03 au 19/12/03	Campagne 2 du 05/01/04 au 16/01/04
LIGNE FORTE C3				
Lyon	LC3_01 Saint-Paul	tubes (2)	3,8	3,3
	LC3_02_Fix Puits-Gaillot	tubes (2)	3,6	3,2
	LC3_03_Cab Cabine_Lafayette	tubes (2)	3,8	3,0
Villeurbanne	LC3_04 Lafayette_Tolstoï	tubes (2)	4,2	3,6
	LC3_05_Fix Grand-Clément	tubes (2)	4,7	3,6
	LC3_06 Léon_Blum	tubes (2)	4,1	3,7
Vaulx-en-Velin	LC3_07_Cab Cabine_Péri	tubes (2)	3,9	3,2
	LC3_08 Maurice_Thorez	tubes (2)	3,6	3,1
	LC3_09 8_mai_1945	tubes (2)	4,4	3,5
Transect LAFAYETTE (Rue Duguesclin, Lyon 3^{ème} et Lyon 6^{ème})				
	LC3_10_Tr1 Lafayette_N_100m	tubes (2)	3,9	3,2
	LC3_11_Tr1 Lafayette_N_050m	tubes (2)	4,0	3,3
	LC3_12_Tr1 Lafayette_S_050m	tubes (2)	3,8	3,2
	LC3_13_Tr1 Lafayette_S_100m	tubes (2)	3,8	3,2
Transect PERI (Stade Ladoumègue, Vaulx-en-Velin)				
	LC3_14_Tr2 Péri_N_150m	tubes (2)	3,8	3,0
	LC3_15_Tr2 Péri_N_100m	tubes (2)	4,1	3,1
	LC3_16_Tr2 Péri_S_050m	tubes (2)	4,2	3,3
	LC3_17_Tr2 Péri_S_150m	tubes (2)	4,6	3,5
Site fixe GARIBALDI (Lyon 6^{ème})				
	LC3_18_Fix Garibaldi	tubes (5)	3,8	3,4
		analyseur	3,8	3,4

Ce tableau montre que tous les sites de cette étude sont influencés par la présence du trafic automobile, y compris les sites situés sur des transects entre 50 mètres et 150 mètres de la chaussée principale.

CONCLUSION...

Les mesures effectuées durant cette étude ont permis d'établir **un état initial de la qualité de l'air à proximité du trafic automobile le long du tracé de la future « Ligne Forte C3 »**, vis-à-vis des principaux polluants primaires : oxydes d'azote (NO et NO₂), poussières (PM₁₀) et composés organiques volatils (benzène et toluène).

Pour le **dioxyde d'azote** (NO₂), les mesures par tubes passifs ont montré des concentrations relativement homogènes sur l'ensemble du trajet de la Ligne Forte C3. Cependant, sur la commune de Vaulx-en-Velin, les niveaux semblent légèrement plus faibles en lien avec un trafic moins important.

Malgré les écarts importants entre les concentrations mesurées en hiver et en été, la moyenne des deux périodes a fourni une assez bonne estimation de la moyenne annuelle (voir page suivante). Ainsi, avec l'infrastructure existante en 2003, la moyenne annuelle en dioxyde d'azote (NO₂), sur l'ensemble du trajet de la Ligne Forte C3, semble se situer en-dessous de la valeur limite calculée avec les marges de dépassement autorisées en 2003 (54 µg.m⁻³), mais elle dépasse la valeur limite à respecter en 2010 (40 µg.m⁻³).

Concernant les **poussières** (PM₁₀), les concentrations enregistrées ont été relativement homogènes sur l'ensemble des sites du tracé, à l'exception du site « Péri » influencé directement par le stade Ladoumègue. Durant l'hiver, plusieurs dépassements de valeurs réglementaires ont été constatés, dont le seuil de 80 µg.m⁻³ en moyenne sur 24h (seuil d'information et recommandation) préconisé par le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France.

Les niveaux mesurés sur le tracé de la ligne C3 ont été relativement homogènes avec ceux mesurés sur l'ensemble des sites de fond de l'agglomération lyonnaise qui ont tous respecté l'objectif de qualité pour les poussières PM₁₀ en 2003.

Les niveaux en **benzène** et en **toluène** ont été estimés à partir de moyennes sur deux périodes de onze jours, avec des tubes passifs répartis sur l'ensemble du tracé de la future Ligne Forte C3. Toutes les valeurs en benzène ont été supérieures à l'objectif de qualité de l'air (2 µg.m⁻³ en moyenne annuelle) et très proches de la valeur limite (5 µg.m⁻³ en moyenne annuelle). Il est très difficile de comparer des moyennes réalisées sur d'aussi courtes périodes avec des valeurs guides françaises et européennes basées sur des moyennes annuelles.

... ET PERSPECTIVES

Les données recueillies lors de cette étude ont donc permis d'obtenir un **point de mesure initial** qui permettra, dans le cadre d'un suivi régulier, d'évaluer les évolutions et améliorations de la qualité de l'air dans le périmètre d'influence de la Ligne Forte C3.

En plus d'observer la variation des niveaux sur le tracé après la mise en place de la Ligne C3, il serait également intéressant de mesurer les niveaux dans les rues alentours impactées par les modifications de circulation induites par la mise en place de la ligne C3 (diminution du nombre de voies et report de trafic dans les rues alentours).

A noter que le site mobile «Péri», implanté à Vaulx-en-Velin a enregistré certaines valeurs horaires en poussières PM₁₀ nettement supérieures aux autres sites, liées aux activités sportives sur le stade Ladoumègue à proximité directe du point de mesure. Dans la perspective d'une nouvelle campagne de mesure, le positionnement de ce site devra donc être reconsidéré.

